



**T.C.
ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE SAĞLIĞI ANABİLİM DALI**

**ÇANKIRI MERKEZDE VE ELDİVAN İLÇESİNDE
TOPRAKTA VE TOPRAK SOLUCANINDA AĞIR
METALLERİN TESPİTİ**

Yüksek Lisans Tezi

Fatma Gülay BOZKURT

Çankırı 2024

ÇANKIRI MERKEZDE VE ELDİVAN İLÇESİNDE TOPRAKTA VE TOPRAK SOLUCANINDA AĞIR METALLERİN TESPİTİ

Fatma Gülay BOZKURT

**Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Çevre Sağlığı Anabilim Dalı**

Yüksek Lisans

**TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi İlker ŞİMŞEK**

Çankırı 2024

KABUL VE ONAY

ÇAKÜ, Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nün 198207001 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Fatma Gülay BOZKURT, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Çankırı Merkezde ve Eldivan İlçesinde Toprakta ve Toprak Solucanında Ağır Metallerin Tespiti” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Savunma Tarihi :10/01/2024

Tez Danışmanı:

**Dr. Öğr. Üyesi İlker
ŞİMŞEK
Çankırı Karatekin
Üniversitesi**

.....

İmza

Jüri Üyesi:

**Prof. Dr. Ayhan FİLAZİ
Ankara Üniversitesi**

.....

İmza

Jüri Üyesi:

**Doç. Dr. Özgür
KUZUKIRAN
Çankırı Karatekin
Üniversitesi**

.....

İmza

**Yukarıdaki sonucu
onaylarım
İmza
Doç. Dr. Nazan KAYTEZ
Enstitü Müdür**

ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Çankırı ve Eldivan'da Yaşayan Toprak Solucanı ve Ortamda Bulunan Ağır Metallerin Tespiti” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değerlere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

İmza
Tarih
Fatma Gülay
BOZKURT

ÖN SÖZ

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bilgi, birikim ve önerilerini benden esirgemeyip her konuda destek sağlayan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi İlker ŞİMŞEK'e sonsuz teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları boyunca bana yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Serdal TARHANE ve Kürşad KARGACI'ya çok teşekkür ederim.

Tez çalışmamın ilerleyebilmesi için EYO100522L04 nolu proje ile maddi destek sağlayan Çankırı Karatekin Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Proje Başkanlığına teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında benden desteklerini esirgemeyen AKCA ve BOZKURT ailesine teşekkür ederim.

Bu tez çalışması sırasında maddi ve manevi olarak, sabır ve ilgisini benden esirgemeyen eşim Doç. Dr. Emin BOZKURT'a ve bir sürpriz olarak hayatımıza dahil olan biricik kızım Umay Dora BOZKURT'a çok teşekkür ederim.

Fatma Gülay BOZKURT

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY	ii
ETİK BEYANNAMESİ.....	iii
ÖN SÖZ.....	iv
KISALTMALAR VE SEMBOLLER.....	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	ixx
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
SUMMARY	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı.....	2
1.2 Problemler	2
1.3 Hipotezler	2
1.4 Sınırlılıklar	2
1.5 Sayıtlılar	3
2. GENEL BİLGİLER.....	4
2.1 Toprak Kirliliği	4
2.1.1 Hidrokarbonlar	4
2.1.2 Pestisitler ve gübreler	5
2.1.3 Solventler	6
2.1.4 Ağır metaller	7
2.2 Çalışmada Kullanılan Ağır Metaller	8
2.2.1 Kadmiyum.....	8
2.2.2 Kurşun.....	9
2.2.3 Çinko.....	10
2.2.4 Bakır.....	10
2.2.5 Cıva	11
2.3 Toprak Solucanları	11
2.4 Biyoremediasyon.....	11
2.4.1 Solucanlarda ağır metal birikimi ve biyoremediasyon.....	12
2.5 Çankırı'da Yapılan Ağır Metal Çalışmaları	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1 Materyal	14
3.2 Yöntem.....	16
3.3 İstatistiksel Analizler.....	17
4. BULGULAR	18
4.1 ICP-OES Kalibrasyon Grafikleri	18
4.2 Kadmiyum Analiz Sonuçları.....	19
4.3 Kurşun Analiz Sonuçları	23
4.4 Çinko Analiz Sonuçları	25
4.5 Bakır Analiz Sonuçları.....	26
4.6 Cıva Analiz Sonuçları	29

5. TARTIŞMA	31
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	38
KAYNAKLAR	39
EKLER.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	47



KISALTMALAR VE SEMBOLLER

ASTM	: American Society for Testing and Materials
BAF	: Biyoakümülyasyon faktörü
cm	: Santimetre
CPS	: Counts per seconds
df	: Serbestlik derecesi
dk	: Dakika
DSÖ	: Dünya Sağlık Örgütü
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
g	: Gram
ha	: Hektar
ICP-OES	: İndüktif eşleşmiş plazma ve optik emisyon spektrometresi
kg	: Kilogram
L	: Litre
maks.	: Maksimum
Mew	: Solucanlardaki metal konsantrasyon
mg	: Miligram
min.	: Minimum
mL	: Mililitre
Ms	: Topraktaki metal konsantrasyon
Ort.	: Ortalama
P	: Probability (Önemlilik derecesi)
pH	: Potentia hydrogenii

ppb	: Parts per billion
ppm	: Parts per million
RF	: Radyo frekans
rpm	: Revolutions per minute
S.D.	: Standart sapma
S.E.	: Standart hata
SPSS	: Statistical Package for the Social Sciences
W	: Watt

$\leq$: Küçük ve eşit

$^{\circ}$: Derece

$\%$: Yüzde

$>$: Büyüktür

$\pm$: Artı eksi

μg : Microgram

$^{\circ}\text{C}$: Santigrat derece

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1: Çankırı ve Eldivan'dan örnek alınan istasyonların koordinat verileri.	15
Çizelge 4.1: Çizelge 4.1 : Analiz performans verileri.	18
Çizelge 4.2: Eldivan'daki toprak ve solucan örneklerine ait tanımlayıcı istatistikler.	19
Çizelge 4.3: Toprak ve solucan örneklerinin Eldivan ve merkez olarak karşılaştırıldığı Ki-kare analizi.	20
Çizelge 4.4: Merkezdeki toprak ve solucan örneklerine ait tanımlayıcı istatistikler.	21
Çizelge 4.5: Eldivan'daki toprak, solucan örnekleri ve BAF değerleri ile merkezdeki toprak, solucan örnekleri ve BAF değerlerinin karşılaştırıldığı Ki-kare analizi.	22
Çizelge 4.6: BAF değerine ait tanımlayıcı istatistikler.	22

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1: Çankırı ve Eldivan'dan örnek alınan istasyon noktaları.	14
Şekil 4.1: ICP-OES cihazında çizilen kalibrasyon eğrileri.	18
Şekil 4.2: Eldivan toprak ve solucan örneklerinde Cd seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.	20
Şekil 4.3: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Cd seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.	21
Şekil 4.4: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Pb seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.	24
Şekil 4.5: Merkez ve Eldivan'daki toprak örneklerinde Pb seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.	25
Şekil 4.6: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Zn seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.	26
Şekil 4.7: Eldivan toprak ve solucan örneklerinde Cu seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.	27
Şekil 4.8: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Cu seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.	28
Şekil 4.9: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Hg seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.	30

ÇANKIRI MERKEZDE VE ELDİVAN İLÇESİNDE TOPRAKTA VE TOPRAK SOLUCANINDA AĞIR METALLERİN TESPİTİ

ÖZET

BOZKURT, Fatma Gülay. Çankırı Merkezde ve Eldivan İlçesinde Toprakta ve Toprak Solucanında Ağır Metallerin Tespiti, (Yüksek Lisans Tezi), Çankırı, 2024.

Ağır metaller, yoğunluğu 5 g/cm^3 'den fazla olan, atom numarası 20'den büyük olan, toksisite ve kirlilik yaratan metaller olarak tanımlanabilir. Ağır metallerin başlıca kaynakları, mineral gübreler, bazı anataşlar, kanalizasyon atıkları, biyositler, atıksular, kentsel atıklar, motorlu araçların egzoz gazları ve madenciliktir. Toprak solucanları yarı ıslak alanlarda yaşamaktadır ve sucul ve karasal ortamda yer alan ağır metalleri su alımı, besin yolu ve epitelden doğrudan absorbe etme gibi farklı yollarla alabilirler. Ağır metaller toprak solucanlarının ölümüne, gelişimini engellemeye, koza üretimine ve aktivitesine etki eder. Bunun yanında toprak solucanları ağır metalleri vücutlarında biriktirerek toprağın detoksifikasyonunda kullanılabilirler. Bu çalışmada Eldivan ve Çankırı merkezden onar noktadan toprak solucanı ve bu alanlardan toprak örneği alınmıştır. Toplamda 20 solucan ve 20 toprak numunesinde Cd, Pb, Cu, Zn ve Hg ağır metallerinin tespit edilemesi için ICP-OES yöntemi ile analiz edilmiştir. Yapılan ölçümler sırasında Cd, Cu, Zn ve Hg açısından Eldivan ile merkez örnekleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmazken Pb örneklerinin ortalaması merkezde $(3,68 \pm 1,48)$ Eldivan'dan $(1,72 \pm 1,49)$ istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Bunun yanında, Eldivan'da karayolu yakını bir alanda Cd, merkezde tren yolu yakınında bir alanda Zn, Eldivan'da bir tarımsal alanda Cu ve merkezde metal işleyen fabrikada ve iki tarımsal alanda Hg sınır değerlerin üzerinde bulunmuştur. Yasal sınırların üzerinde bulunan Cd, Zn, Cu ve Hg kaynaklarının pestisitler, fungusitler, fosil yakıtlar ve trafik kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Çankırı, ICP-OES, Toprak, Toprak solucanı.

DETERMINATION OF HEAVY METALS SOIL AND EARTHWORMS IN ÇANKIRI CENTER AND ELDIVAN DISTRICT

SUMMARY

BOZKURT, Fatma Gülay. Determination of Heavy Metals Soil and Earthworms in Çankırı Center and Eldivan District, (Master Thesis Thesis), Çankırı, 2024.

Heavy metals can be defined as metals with a density greater than 5 g/cm³, an atomic number greater than 20, and metals that create toxicity and pollution. The main sources of heavy metals are mineral fertilizers, some bedrocks, sewage waste, biocides, wastewater, urban waste, exhaust gases of motor vehicles and mining. Earthworms live in semi-wet areas and can absorb heavy metals in aquatic and terrestrial environments through different ways such as water intake, nutrient pathway and direct absorption from the epithelium. Heavy metals affect inhibiting development of earthworm, cocoon production, activity and death of earthworm. In addition, earthworms can be used in the detoxification of the soil by accumulating heavy metals in their bodies. In this study, earthworms and soil samples were taken from ten locations in Eldivan and Çankırı centers. A total of 20 worm and 20 soil samples were analyzed by the ICP-OES method to detect Cd, Pb, Cu, Zn and Hg heavy metals. During the measurements, there was no statistically significant difference between Eldivan and center samples in terms of Cd, Cu, Zn and Hg, while the average of Pb samples was statistically higher in the center (3.68 ± 1.48) than Eldivan (1.72 ± 1.49) ($P \leq 0,05$). In addition, Cd values in an area near the highway in Eldivan, Zn in an area near the railway in the center, Cu in an agricultural area in Eldivan, and Hg in a metal processing factory and two agricultural areas in the center were found above the limit. It is thought that Cd, Zn, Cu and Hg sources above the legal limits may originate from pesticides, fungicides, fossil fuels and traffic.

Key Words: Çankırı, Earthworm, Heavy metals, ICP-OES, soil.

1. GİRİŞ

Tüm canlılar gibi insanlarda hayatlarının devamı için doğayı kullanırlar. Bu etkileşim olurken doğal kaynakların geri dönüşümü olmayacak şekilde kullanılmasından dolayı doğanın dengesinin bozulması insanların yaptığı en önemli zararlar arasında yer almaktadır (Atav, 2018). Toprak kirliliği; toprağın kendi oluşumu ya da dış etkenler nedeniyle toprağın fiziki, kimyasal, biyolojik yapısının ya da verimlilik düzeyinin olumsuz olarak etkilenmesidir (Kara ve Kara, 2018).

Toprak kirliliği başlıca kaynakları tarımsal, endüstriyel ve evsel kaynaklı olarak sınıflandırılırken; çöplüklerden gelen sızıntılar, endüstriyel atıkların toprağa boşaltılması, kirlenmiş suların toprağa sızması tarımsal gübrelerin ve ilaçların yüksek miktarda kullanımı toprak kirliliğine yol açmaktadır. Başlıca toprak kirletici etmenler ise petrol hidrokarbonlar, tarım ilaçları, solventler ve ağır metallerdir (Mishra ve diğerleri, 2016).

Ağır metaller, yoğunluğu 5 g/cm^3 'den fazla olan, atom numarası 20'den büyük olan, toksisite ve kirlilik yaratan metaller olarak tanımlanabilir (Seven ve diğerleri, 2018). Antimon, tellür, bizmut, kalay, talyum, altın, arsenik, seryum, galyum, kadmiyum, krom, kobalt, bakır, demir, kurşun, cıva, manganez, nikel, platin, gümüş, uranyum, vanadyum ve çinko gibi 60'dan fazla element ağır metal olarak değerlendirilir (Duffus, 2002; Li ve diğerleri, 2017; Hocaoglu-Özyiğit ve Genç, 2020). Atom ağırlığı 63 ile 200 arası olan kurşun, cıva, krom, arsenik, kadmiyum gibi ağır metallerin birikmesi sonucunda; toprak verimliliğinin, mikrobiyal aktivitenin, biyolojik çeşitliliğin azalmasına, ürünlerde verim kaybının olmasına ve hatta besin zinciri yoluyla insan ve hayvanlarda zehirlenmelere varana kadar bir çok olumsuzluklara neden olabilmektedir (Atav, 2018). Fe, Mn, Cu, Zn, ve Mo bitkiler için hayvanlardan daha zararlı iken, As, Hg, Pb ve Cd insan ve hayvanlar için daha zararlıdır. Canlı organizmadaki toksisite değerlerine göre ağır metaller $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Sn} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Al}$ olarak sıralanır (Zwolak ve diğerleri, 2019).

Solucanlar dokularında ağır metal biriktirme yetenekleri sayesinde doğal ekosistemleri olan topraktaki ağır metalleri beslenmeleri sırasında vücutlarına alarak topraktaki ağır metallerin konsantrasyonun azaltılması yardımcı olabilirler (Turgay ve diğerleri, 2011).

1.1 Çalışmanın Amacı

Günümüzde ağır metaller çevresel kirliliğe bağlı olarak karasal ve sucul ortamlarda birikmektedir (Gidiş ve Mercan, 2017). Bakır ve kadmiyum gibi ağır metallerin toprak solucanlarında biriktiği ve toksik etki gösterdiği daha önce tespit edilmiştir (Kumar ve diğerleri, 2008). Ayrıca toprak solucanlarında kadmiyum, kurşun, çinko ve bakır gibi ağır metallerde tespit edilmiştir (Ruiz ve diğerleri 2009). Ağır metaller toprak solucanlarının ölümüne, gelişimini engellemeye, koza üretimine ve aktivitesine etki eder. Bunun yanında toprak solucanları ağır metalleri vücutlarında biriktirerek toprağın detoksifikasyonunda kullanılabilirler (Turgay ve diğerleri, 2011). Bu çalışmanın amacı Çankırı merkez ve Eldivan ilçesinde bulunan toprak örneklerinden ve toprak solucanından örnekler alınarak bu örneklerde var olan ağır metallerin tespitinin ve karşılaştırılmasının yapılmasını içermektedir.

1.2 Problemler

Ağır metaller tarım, hayvancılık, yaban hayatı ve insan yaşamını tehdit eden en önemli problemlerden bir tanesidir. Uzun yıllar maruziyet birçok farklı hastalığa neden olmaktadır.

1.3 Hipotezler

Bu tez iki adet hipoteze dayanmaktadır. Bunlardan birincisi, solucanlar bünyesinde buldukları ortamdan daha fazla ağır metal barındırırlar. İkincisi ise, Çankırı ve Eldivan örneklerinden yola çıkarak şehir merkezleri taşra ilçelerinden maruziyet ve kentleşme nedeniyle daha fazla ağır metal içerirler.

1.4 Sınırlılıklar

Bu tez çalışması sırasında Çankırı ve Eldivan'dan onar adet solucan ve toprak örneği alınmıştır. Ayrıca 23 ağır metalden sadece 5 tanesi tez için analiz edilmiştir.

1.5 Sayıtlar

Ağır metaller canlı sağlığı üzerinde önemli etkiler göstermektedir. Ağır metal birikimi maruziyet süre ile birlikte artış göstermektedir. Ağır metaller birçok kaynaktan doğaya bulaşabilmektedir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1 Toprak Kirliliği

Toprak, gezegenimizi oluşturan hava, su ve kara bileşenleri arasında yer alan insanlar ve diğer canlıların yaşam döngülerinde önemli bir yere sahiptir. 1 küp şeker boyutundaki toprakta bile mikroskopik büyüklükte binlerce canlı yer almaktadır. Canlılar yaşam ihtiyaçlarının büyük çoğunluğunu yüzey toprağından karşılamaktadır (Karaca ve Turgay, 2012).

Toprağın, insan faaliyetleri sonucu oluşan çeşitli bileşiklere bulaştırılmasını takiben, toprakta yaşayan canlılara, toprakta yetişen bitkilere veya bu bitkilerle beslenen canlılara toksik etkide ve zarar verecek düzeyde bulunması, toprağına eklenen kimyasal materyalin toprağın özümleme kapasitesinin üzerine çıkması, toprağın verim kapasitesinin düşmesi toprak kirliliğinin bir tanımı olarak verilebilir (Seven ve diğerleri, 2018).

Toprak kirliliği başlıca kaynakları tarımsal, endüstriyel ve andropojenik olarak sınıflandırılırken; çöplüklerden gelen sızıntılar, endüstriyel atıkların toprağına boşaltılması, kirlenmiş suların toprağına sızması, tarımsal gübrelerin ve pestisitlerin yüksek miktarda kullanımı toprak kirliliğine yol açmaktadır. Başlıca toprak kirleticiler ise organik kirleticiler, inorganik kirleticiler ve patojenler olarak 3'e ayrılır (Mishra ve diğerleri, 2016).

2.1.1 Hidrokarbonlar

Hidrokarbonlar binlerce bileşimden oluşan ve yapısında hidrojen ve karbon bulunan organik bileşikler için kullanılan bir terimdir. Başlıca hidrokarbonlar doğal gaz, ham petrol, katran ve asfalttır (Adipah, 2019). Yapısında bulunan bu maddeler nedeniyle hidrokarbonlar en yaygın çevresel kirleticilerdir (Truskewycz ve diğerleri, 2019). Hidrokarbonlar petrolün çıkarılması, depolanması, taşınması, rafine edilmesi sırasında dökülme, boru hatlarındaki sızıntılar, patlamalar ve rafineri ve petrokimya ekipmanlarının revizyonu sırasında doğaya bulaşırlar (Xu ve diğerleri, 2018). Petrol sızıntısı olduğunda toprağına bulaşan hidrokarbonlar suya ve uçucu içerikleri nedeniyle

de havaya bulaşarak kirliliğe neden olmaktadır ayrıca hidrokarbonlar toprak, su, flora, fauna ve insan sağlığını da olumsuz yönden etkilemektedir (Ahmed ve Fakhruddin, 2018).

2.1.2 Pestisitler ve gübreler

Dünya nüfusunun son yüzyılda hızlı artışı ve değişen çevresel faktörler nedeniyle tarım alanları artık toplumları doğal yöntemlerle besleyememektedir. Bu nedenle gübre ve kimyasal ilaçlara gereksinim giderek artmaktadır. Başlıca kullanılan organik olmayan gübreler nitrat, fosfat, amonyum ve potasyum içermektedir ve bunların yanında ağır metaller (Hg, Cd, As, Pb, Cu ve Ni) ve radyonüklidler (U, Th ve Po) içerebilmektedir (Savci, 2012). Bu nitrojen, fosfat ve potasyum kullanımının sırasıyla 1:0,5:0,5 oranında kullanılması gerektiği ve güvenli kullanılabilir üst sınırın 225 ile 250 kg/ha olduğu belirtilmiştir (Liu, 2014). Fakat Çin'de yapılan bir çalışmada hektar başına kullanılan gübre oranının 400 ile 647,5 kg aralığında değiştiği belirtilmiştir (Delang, 2017). Fakat Türkiye'de gübre kullanımının diğer gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerden daha az olduğu ve hektar başına yaklaşık 100 kg olduğu belirlenmiştir (Savci, 2012). Fazla miktarda gübre kullanımı topraklarda tuzlanma, ağır metal birikimi, besin maddesi dengesizliği, mikroorganizma etkinliğinin bozulması, sularda ötrofikasyon ve nitrat birikimi, havaya azot ve kükürt içeren gazların verilmesi, ozon tabakasının incelmesi, sera etkisi gibi çevresel problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Sönmez ve diğerleri, 2008).

Çevresel koşullarda görülen değişimler ve insan etkisi ile son yıllarda birçok yeni zararlı böcek ve tarım zararlısı yeni bölgelere adapte olmaktadır. Bunun yanında gelişen dirençle birlikte tarım ilaçlarının etkisi azalmış olup daha yüksek miktarda ve daha yeni ilaçlar kullanılmaktadır. Zhang ve diğ. (2011)'e göre eğer pestisitler kullanılırsa meyvelerin %78'i, sebzelerin %54'ü ve hububatın %32'si üretilmeyecektir. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ülkelerin yıllık pestisit kullanımı oranlarını hesaplamış ve ortalama değerin 6,5 ile 60 kg/ha aralığında olduğunu ve en çok ise Asya ve Güney Amerika'daki bazı ülkelerde kullanıldığını belirtmiştir (Carvalho, 2017). En fazla pestisit kullanan ülkeler sırasıyla; Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Brezilya'dır. Dünyada kullanılan pestisit miktarının %61,1'i bu üç ülke tarafından kullanılmaktadır. Dünya pestisit kullanımı 2019 yılında 2,69 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Türkiye, pestisit kullanımı bakımından dünya sıralamasında 12.

sırada yer almakta ve dünya pestisit kullanımının %1,23'ünü oluşturmaktadır. Türkiye'de hektara pestisit kullanımı 2,2 kilogramdır (Özercan ve Taşçı, 2022). Pestisitler birkaç kimyasal dönüşüme uğrayabilir ve çevresel bölümler arasında transfer edilebilir, uygulama alanı dışındaki diğer ekosistemlere ulaşabilir ve hedef olmayan türler üzerinde toksik etkiler gösterebilir (Carvalho, 2017).

2.1.3 Solventler

Solventler yani çözücüler Marcus (1998) tarafından " Uygulama koşullarında sıvı olan ve diğer maddelerin içinde çözülebildiği maddeler" olarak tanımlanmıştır. Solventler yapısal olarak protik ve aprotik olarak ikiye ayrılırlar. Protik olanlar su, alkol, birincil ve ikincil aminler, asitler ve bu grupları içeren daha karmaşık kimyasallardan oluşurken, aprotik olanlar başlıca alifatikler, olefinik ve aromatik hidrokarbonlar, halojenli hidrokarbonlar, eterler, esterler, ketonlar, karbonatlar, nitriller, üçüncül aminler, nitrohidrokarbonlar, organofosfatlar, amidler ve kükürt içeren bileşiklerinde dahil olduğu çeşitli çözücülerdir. Bu solventlerin büyük kısmı petrol sanayinin yan ürünü olarak üretilmektedir. Bunların başlıcaları doğal gaz ve ham petrolden üretilen etilen, propilen, bütlenler, bütadien, benzen, toluen ve ksilendir (Clark ve diğerleri, 2017).

Solventler mobilya, beyaz eşya, araba ve aksamaları, gıda maddeleri ve ambalajları, elektronik eşyalar, kitaplar, giysiler (temizleme dahil) ve kozmetik gibi birçok tüketim ürününün oluşturulmasında önemli bir rol oynamaktadır (Davison, 1996). Gerek kişisel kullanım gerekse ticari işletmeler tarafından kullanılan bu solventler geri dönüşümü yapılmadığında doğaya bulaşmaktadır. Doğaya bulaşma olduğunda özellikle yer altı sularının klorlu hidrokarbonlar tarafından kirletilmesi ve kloroflorokarbonların aşırı kullanımı ile stratosferdeki ozon miktarının azalması yaygın endişe uyandırmaktadır (Ikeda, 1992). Ayrıca bulaşma nedeniyle özellikle ticari alanlarda karşılaşılan aşırı maruziyet sonrası sağlık üzerine de olumsuz etkilere neden olmaktadır. Örneğin benzen gibi çeşitli atmosferik kirliliğe neden olan solventler solunum yolu ve epidermal temas yoluyla insan vücuduna alınır. Bu solventlere aşırı maruz kalan ve kişisel koruyucular kullanmayan kişilerde hematotoksisite, immunotoksisite, nörotoksisite ve karsinojenite gibi sağlık problemleri görülür (Uzma ve diğerleri, 2008).

2.1.4 Ağır metaller

Sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı, fosil yakıtların aşırı kullanımı, egzoz gazları, volkanik faaliyetler, maden yatakları, atık sular ve arıtma çamurları gibi çevresel kirlilikler, aşırı gübre ve pestisit kullanımı hava, toprak ve su kaynakları üzerinde ağır metal kirliliğine neden olmaktadır (Yerli ve diğerleri, 2020). Genel olarak metallerin kullanımı 5000 yıl öncesine dayanmaktadır. İlk olarak kullanım alanları ise yapı malzemesi, cam ve seramik yapımı ya da taşıma boruları olarak kullanılmıştır (Yavuz ve Sarıgül, 2016).

Ağır metal terimi, 5 g/cm^3 'den büyük özgül ağırlığa ve 20'den büyük atom numarasına sahip metaller için kullanılan terimdir (Yerli ve diğerleri, 2020). Antimon, tellür, bizmut, kalay, talyum, altın, arsenik, seryum, galyum, kadmiyum, krom, kobalt, bakır, demir, kurşun, cıva, mangan, nikel, platin, gümüş, uranyum, vanadyum ve çinko gibi 60'dan fazla element ağır metal olarak değerlendirilir (Duffus, 2002; Li ve diğerleri, 2017; Hocaoglu-Özyiğit ve Genç, 2020).

Doğal süreçlerle ya da insanlardan kaynaklı ortaya çıkan ağır metaller ekosistemde yaşamını sürdüren canlılarda birikime neden olurken bu birikim bitkisel ya da hayvansal organizmalarda fizyolojik veya metabolik etkilere neden olmaktadır. Bu birikim besin zinciri sayesinde zincirin üst basamağındaki canlılara da iletilmektedir (Ay, 2019). Ağır metaller fabrika atıklarıyla, rüzgarın taşıdığı tozlarla, orman yangınlarıyla, volkanik faaliyetlerle, erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, evsel atıklarla, kanalizasyonlarla nehir, göl benzeri sucul ortamlara geçerek canlı metabolizmalarını farklı şekillerde kirlletici etkisine almaktadır (Aktop ve Çağatay, 2020).

Metaller kendi içerisinde bulunma yerlerine göre 4 gruba ayrılmıştır.

1. Çevrede yaygın olarak bulunan ve toksisite değeri en yüksek olanlar: Cd, Ar, Hg ve Pb
2. Esansiyel iz metal olarak bulunanlar: Mn, Zn, Co, Cr ve Se
3. Biyolojik olarak öneme sahip olanlar: Ni ve Va
4. Farmakoloji ile ilgili olanlar: Ca, Li ve Al (Boğa, 2007).

2.2 Çalışmada Kullanılan Ağır Metaller

Ağır metaller doğal hayatı birçok farklı yönden etkilemektedir. Bitkilerde bazı ağır metaller az miktarda kullanıldığında faydalı iken çok kullanıldığında ise toksik etki göstermektedir. Bitkilerde ağır metaller kloroza yol açarak kökleri tahrip eder, besin ve su alımını olumsuz etkiler ayrıca bitkide büyüme geriliğine yol açar (Sardar ve diğerleri, 2013).

Ağır metaller omurgasızlarda maruziyete ve yaşa bağlı olarak farklı etkiler göstermektedir. Örneğin, çekirge ve toprak solucanlar üreme bozukluğu; arı ve karıncalarda patojenlere karşı direnç; sinek, güve ve karıncalarda gelişimsel bozukluklar; bal arısı ve afitlerde ise beslenme değişimine neden olurken bazı durumlarda ise nöronları ve beyini etkileyerek ölüme neden olmaktadır (Ghannem ve diğerleri, 2023).

Omurgalılarda ise ağır metaller balıkçıl kuşlar ve yırtıcılarda davranışsal değişiklikler, üreme bozuklukları ve popülasyonda azalmalara; ötücü kuşlarda yumurta kabuğu incelmesine; kutup ayısı, gelincik, yarasa ve panter gibi memelilerde morfolojik ve davranışsal değişikliklerin yanında üreme bozukluklarına neden olmaktadır (Allema ve diğerleri, 2006). Bu çalışmada çevre kirliliği açısından önemli olan 5 farklı ağır metal kullanılmıştır. Bunlar kadmiyum, kurşun, çinko, bakır ve cıvadır.

2.2.1 Kadmiyum

Kadmiyum periyodik cetvelde 5. periyotta 12. grupta d blokunda yer alan gümüşü beyaz renkte ve yumuşak bir elementtir. Atom numarası 48, atom ağırlığı 112,41 g/mol ve yoğunluğu 8,65 g/cm³'dir (Sharma ve diğerleri, 2015; Özçelik, 2022). Kadmiyum volkanların ve kayaçların yer kabuğundaki hareketleri ile doğal olarak yeryüzünde bulunabilir (Hocaoğlu-Özyiğit ve Genç, 2020). Bunun dışında kadmiyumun doğaya bulaşmasında başta 4 temel etmen etkili olmaktadır: kömür tüketimi, demir çelik üretimi, fosfatlı temelli gübre üretimi ve kullanımı ve çinko üretimidir (Hutton, 1983). Bunların dışında tarım ve gıda atıkları, hayvansal atıklar ve gübre, odun atıkları, kentsel atıklar, kanalizasyon çamuru, çeşitli organik atıklar, katı atıklar, kömür tozu ve uçuşan küller ve atmosferik serpinti kadmiyumun yayılmasını sağlar (Hocaoğlu-Özyiğit ve Genç, 2020).

Kadmiyum seviyesi insanda yaşa bağılı olarak artarken 45-50 yaşlarında 30 mg ulaşır ve daha sonra değeri giderek azalır (Sharma ve diğerleri, 2015). Placenta yoluyla geçmediği için doğumdan sonra bebeklerde kadmiyuma rastlanılmaz (Özçelik, 2022).

Kadmiyuma sınır değerlerin üzerinde veya uzun süreli maruziyeti sonucunda akciğerde pnömonitis ve mukozal zarlarının tahribi; böbreklerde proteinüri, böbrek taşı, glomerüller ve tübülüsler hasar; üreme sisteminde testis nekrozu, östrojen benzeri etkiler ve steroid hormon sentezinin etkilenmesi; iskelet sisteminde itai-itai hastalığı, kemik yoğunluğu ve mineralizasyon kaybına neden olmaktadır (Godt ve diğerleri, 2006). Ayrıca uzun süreli maruziyet özellikle akciğer, prostat ve cilt kanserine de neden olmaktadır (Person ve diğerleri, 2013; Pratinidhi ve diğerleri, 2018).

2.2.2 Kurşun

Tarih öncesi dönemden beri kullanılan kurşunun atom numarası 82, atom ağırlığı 207,2 g/mol ve yoğunluğu 11,34 g/cm³'tür (Özçelik, 2022). Kurşun yumuşak, mavi-gri renkte ve aşınmalara karşı dirençli bir metaldir (Patočka ve Černý, 2003). Kurşun çevreye petrol, endüstriyel işlemler, boya, konservelerdeki lehimler, su boruları, sokak tozları, sanayi işlemleri, çömlükçilik, tekne yapımı, pil geri dönüşümü, ızgaralar, silah sanayi, pigmentler ve kitap basımı gibi birçok yolla doğaya ve insanlara bulaşabilmektedir (Tong ve diğerleri, 2000; Wani ve diğerleri, 2015).

Kurşun yıldan yıla birikerek vücutta depolanır ve 80 µg/100 mL olduğunda vücutta toksik etki yaratır (Vural, 1993). Kurşun vücutta kemikler, dişler, kan, beyin, dalak, böbrekler, karaciğer ve akciğerde depolanır (Wani ve diğerleri, 2015).

Kurşuna maruz kalan yetişkinlerde yüksek tansiyon, böbrek ve beyin hasarı, bilişsel gerileme, kardiyovasküler hastalıklar, sinirlilik, baş ağrısı, halüsinasyon, erkeklerde kısırlık, sinir sistemi hasarı, hamilelerde düşük, felç ve hatta ölüme neden olduğu bildirilirken çocuklarda ise anemi, sinir sistemi etkileri, abdominal ağrılar, kolik, kusma, işitme kaybı, diş sorunları, konvülsiyon ve başka birçok hastalığa neden olmaktadır (Olufemi ve diğerleri, 2022).

2.2.3 Çinko

Çinkonun atom numarası 30, atom ağırlığı 65,409 g/mol, yoğunluğu 7,14 g/cm³'tür ve periyodik cetvelde 4. periyotta bulunan bir elementtir (Özçelik, 2022). Çinko parlak, mavi-beyaz hava ile temas ettiğinde ise mavimsi yeşil renktedir (Parmar ve Thakur, 2013). Çinko birçok yoldan doğaya bulaşırken bunlardan bazıları şunlardır: Maden drenajı, endüstriyel ve belediye atıkları, kentsel akım, kömürle çalışan elektrik santralleri, atık malzemelerin yakılması, çinko içeren topraklardaki erozyon, endüstriyel kimyasalların üretimi, bazı mineralli gübreler ve galavniz içeren su borularıdır (Noulas ve diğerleri, 2018).

Çinko eksikliğinde epidermal, gastrointestinal, merkezi sinir sistemi, immün, iskelet ve üreme sistemi etkilenmektedir (Hambidge, 2000). Çinko maruziyetine bağlı zehirlenmelerde depresyon, uyuşukluk, nörolojik belirtiler, susuzluk, sinirlilik, kas ağrısı ve sertliği, iştahsızlık ve mide bulantısı görülmektedir (Parmar ve Thakur, 2013; Obasi ve Akudinobi, 2020).

2.2.4 Bakır

Bakırın atom numarası 29, atom ağırlığı 63,546 g/mol, yoğunluğu 8,96 g/cm³ olan ve periyodik cetvelde 4. periyotta bulunan bir elementtir (Özçelik, 2022). Bakırın toprağa bulaşmasında başlıca etkili olan faktör eritme, madencilik, endüstriyel ve evsel atıklar, gübre, arıtma çamurları, çöplükler, odun sanayi, boyalar, kaplama sanayi, algisitler, fungusitler, molluscositler, volkanlar, rüzgarla savrulan tozlar, orman yangınları ve çürüyen bitkisel artıklardan kaynaklanmaktadır (Flemming ve Trevors, 1989; Shirvastava, 2009; Rehman ve diğerleri, 2019).

Metalik halde zehirli olmayan fakat tuz halinde etki gösteren bakıra bağlı zehirlenmelerde görülen genel semptomlar: ağızda metalik tat, salivasyon, midede yanma, mide bulantısı, mavi renkte kusma, bacaklarda kramplar veya spazmlar, kolik karın ağrısı, ishal, mavi renkte idrar, şiddetli baş ağrısı, nefes almada zorluk, sarılık, mavi-kahverengi renkte ishal, alerji, saç dökülmesi, anemi, anoreksiya, anksiyete, dikkat eksikliği, artrit, astım, otizm, depresyon, dismenore, erkek kısırlığı, prostatit, fibromiyalji, migren, premenstrüel sendrom, kronik enfeksiyonlar, uykusuzluk, soğuk terleme, dolaşım bozukluğunu, kasılma ve komadır (Ashish ve diğerleri, 2013).

2.2.5 Cıva

Cıvanın atom numarası 80, atom ağırlığı 200,59 g/mol ve yoğunluğu 13,546 g/cm³ olan oda sıcaklığında sıvı halde bulunan ve periyodik cetvelde 2B grubunda yer alan bir elementtir (Özbolat ve Tuli, 2016). Doğal olarak yanardağlar ve orman yangınlarının yanında insan etkisi ile fosil yakıtlar, kömürlü endüstri, metal sanayide bu metallerin eritilmesinde, çimento üretimi, petrol rafinerileri, altın madenciliği, cıva madenciliği, atık depolama alanları ve atık yakımı, klor-alkali ve vinil-klorür üretimi, dental amalgam kullanımı, kozmetikler ve ilaçlar ile doğaya ve insanlara bulaşır (Yavuz, 2020).

Cıva buharı veya kendisine uzun süreli maruziyette eroziv bronşitis ve broşiolitis, halsizlik, yorgunluk, anoreksiya, kilo kaybı, gastroinstetinal hastalıklar, davranış ve kişilik bozukluğu, titreme, hafıza kaybı, uykusuzluk, depresyon, yorgunluk, halüsinasyon, karın ağrısı, kusma, kanlı isal, anüri ve renal tübüler nekrozu, immün bozukluk, doğal öldürücü hücrelerin baskılanması ve lenfositlerin bozulması, tiroid bozulması ve spermatogenezin engellenmesi gibi birçok etkene yol açarken aşırı maruziyet ise ani ölümlerle sonuçlanabilir (Bernhoft, 2012).

2.3 Toprak Solucanları

Toprak solucanları çift eşeyli canlılardır. Yani hem dişi üreme organı hem de erkek üreme organı mevcuttur. Genelde gece çiftleşirler. Çiftleşme işleminden bir kaç gün sonra kokon adını verdiğimiz yumurta kapsülleri oluşur. Ortalama 2-10 arası kokon ve bu kokonlarda 1-8 arası yumurta bulunur. Kokonlar sonbahar gibi hava sıcaklığı düşükken toprağa bırakılırken, havaların ısınması ile yumurtalardan çıkış başlar. Bu kuluçka süresi ortalama 2-3 ay arasındır. Ortalama yaşam süreleri 5-7 yıl arasındır (Erdoğan, 2020).

2.4 Biyoremediasyon

Günümüzde artan şehirleşme ve sanayileşme süreçleri sonrasında çevre kirliliği giderek artmaktadır. Dünyada birçok kent yenilenabilir kaynaklara olanak sağlayan ve atık miktarını azaltan biyoteknolojik yöntemleri kullanmaktadır (Vural ve diğerleri, 2018). Biyoteknolojik yöntemlerden bir tanesi olan biyoremediasyon yöntemi düşük maliyetli çevre dostu yaklaşımlar ile kirli çevrelerin restore

edilmesini amaçlamaktadır (Azubuike ve diğerleri, 2016). Biyoremediasyon terimi, Gayle'nin 1952 yılında önerdiği “Herhangi bir organik bileşik için, uygun koşullar karşılanırsa onu yok edebilecek bir mikroorganizma vardır” teorisine dayanmaktadır (Elena-Roxana, 2011). Biyoremediasyon, kirleticilerin konsantrasyonunu zararsız bir duruma indirmek (bozundurmak, detoksifiye etmek, mineralize etmek veya dönüştürmek) için biyolojik mekanizmalara dayanan bir süreç olarak tanımlanır (Azubuike ve diğerleri, 2016). Biyoremediasyon sırasında en çok kullanılan organizmalar funguslar ve bakterilerdir (Vural ve diğerleri, 2018). Bunların dışında Protozoa, Nematoda, Oligochaeta, mikroartropodlar, makroomurgasızlar, böcekler ve larvaları ile ağaçlar gibi makroorganizmalarda toprak ve su kirliliği için kullanılmaktadır (Haimi, 2000).

2.4.1 Solucanlarda ağır metal birikimi ve biyoremediasyon

Solucanlar, toprakta yaşayan, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini ve mikropların ve toprak hayvanlarının dağılımını ve aktivitesini etkileyen hayvanlardır. Ayrıca solucan faaliyeti sonrasında ağır metallerin (Zn, Pb, Fe, Mn, Cr, Co ve Cu) dağılımının önemli ölçüde değişerek bu metallerin biyoyararlanımını etkilediği bildirilmiştir (Wen ve diğerleri, 2004).

Solucanlar toprakta yer alan ağır metalleri biyodegrede ederken diğer canlılar kadar ağır etkiler ile karşılaşmamaktadır (Kızılkaya, 2004). Bakır ve kadmiyum gibi ağır metallerin toprak solucanlarında biriktiği ve toksik etki gösterdiği daha önce tespit edilmiştir (Kumar ve diğerleri, 2008). Ayrıca toprak solucanlarında kadmiyum, kurşun, çinko ve bakır gibi ağır metallerde tespit edilmiştir (Ruiz ve diğerleri, 2009). Ağır metaller toprak solucanlarının ölümüne, gelişimini engellemeye, koza üretimine ve aktivitesine etki eder. Bunun yanında toprak solucanları ağır metalleri vücutlarında biriktirerek toprağın detoksifikasyonunda kullanılabilirler (Turgay ve diğerleri, 2011). Shahmansouri ve diğ. (2005) yaptıkları çalışma sırasında İran ve Avustralya'dan toprak solucanlarının arıtma çamurunda yetiştirmişler ve solucan gübresindeki ağır metallerin ortamdan daha az oldukları bulmuşlardır. Shaymaa ve diğ. (2010) 56 günlük inkübasyon süresi sonunda toprak solucanlarının Pb, Ni ve Al ağır metallerinin sırasıyla %97, %86 ve %72 oranında giderimin sağlandığı bildirilmiştir.

2.5 Çankırı’da Yapılan Ağır Metal Çalışmaları

Çalışma alanımız olan Çankırı ve Eldivan’da bugüne kadar yapılan ağır metal çalışmaları sınırlı sayıdadır ve hiçbirinde canlı organizma kullanılmamıştır.

Caylak ve Tokar (2012) Çankırı’ndan 30 noktadan içme suyundan ağır metal analizi gerçekleştirmişler ve As ve serbest Cl’nin Türk standartlarının üstünde ve As ve B’nin DSÖ’nün standartlarının üstünde olduğunu bulmuşlardır. Mutlu ve Uncumusaoğlu (2017) Alparsı Göleti’nden ağır metal ve su kalitesini araştırmışlar ve Fe, Pb, Cu, Zn, Cd, Hg ve Ni açısından ve diğer su kalitesi bakımından suyun sucul canlılar açısından uygun olduğunu bulmuşlardır. Erşahin ve diğ. (2018) Çankırı ili şehirlerarası anayol boyunca topraktan ağır metal analizi gerçekleştirmiş ve buna göre ortalamaların Fe>Mg>Mn>Ni>Cr>Zn>Cu>Ca>Co>Pb>Na>K>Cd>Hg şeklinde olduğu gösterilmiştir. Eyüboğlu (2019) Çankırı ili, Yenidoğan, Ballıbağı ve Doğantepe mevkiilerinde bulunan 3 farklı tuz ocağından toplanan 45 adet kaya tuzu örneğinde ağır metalleri incelemiş ve V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo ve Pb ağır metallerini tespit ederken As, Co, Cd, Sn ve Hg derişimleri ölçme sınırının altında gözlenmiştir. Hançerlioğulları ve Eyüboğlu (2022) Çankırı kaya tuzlarında ağır metalleri araştırmışlar ve Ti, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Zr ve Pb tespit edilirken Cr, Co, As, Cd ve Hg konsantrasyonları ölçme değerinin altında bulunmuştur. Bu güne kadar Çankırı’da ağır metallerle ilgili olarak yapılan çalışmalara baktığımızda hiçbirinde toprak solucanı kullanılmamış ve ayrıca canlı ve ortamda bulunan ağır metal karşılaştırılması da yapılmamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Materyal olarak Çankırı ili şehir merkezi ve Eldivan ilçesinden onar istasyondan toprak ve solucan örnekleri toplanmıştır. Arazi çalışmaları 1 Ağustos 2022-11 Ağustos 2022 tarihleri arasında gerçekleştirildi. Toplanan örnekler 1.5 mL’lik eppendorf tüplere 1 adet *Aporrectodea* cinsine dahil ergin solucan ve solucanın yaşadığı alandan tüpü dolduracak şekilde taş ve atık madde içermeyecek şekilde toprak örneği alınmıştır. Solucanlar toplanırken eşit büyüklükte olmalarına dikkat edilmiştir. Solucan örnekleri pens ile toprak örnekleri ise doğrudan eppendorf tüpün toprak numuneye teması ile alınmıştır. Örneklerin toplandığı istasyonların uydur görüntüsü Şekil 3.1’de ve koordinat verileri ise Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1: Çankırı ve Eldivan’da örnek alınan istasyon noktaları.

Çizelge 3.1: Çankırı ve Eldivan'dan örnek alınan istasyonların koordinat verileri.

İstasyon Numarası	Enlem	Boylam
1	40.522561°	33.496458°
2	40.515933°	33.500450°
3	40.530089°	33.503256°
4	40.532317°	33.503333°
5	40.534967°	33.502250°
6	40.549283°	33.495850°
7	40.541633°	33.496683°
8	40.539683°	33.496867°
9	40.536350°	33.495250°
10	40.576767°	33.526733°
11	40.628967°	33.667733°
12	40.557800°	33.603200°
13	40.527650°	33.610750°
14	40.557200°	33.611733°
15	40.583133°	33.624617°
16	40.612083°	33.601567°
17	40.621867°	33.604133°
18	40.638433°	33.603783°
19	40.624617°	33.653033°
20	40.636733°	33.609367°

Alınan örnekler analiz edilinceye kadar -20°C'de saklanmıştır. Toplamda 20 solucan ve 20 toprak örneği olmak üzere 40 örnekte 5 farklı ağır metal (kadmiyum, bakır, çinko, kurşun ve cıva) düzeyleri incelendi.

İlk istasyon Eldivan ilçesinde bir evin kümesi iken 2 ve 6 nolu istasyonlar ise ilçe merkezinde tarımsal alan yakınında yer alan içme ve hayvan sulama amacıyla kullanılan çeşme kenarlarıdır. 3, 4, 5, 7, 8 ve 9 nolu istasyonlar tarımsal olarak ilaçlanan veya ilaçlanması muhtemel tarım alanlarına komşu olan tarım alanları iken 10 nolu istasyon ise yine Eldivan ilçesinde yer alan Eldivan-Çankırı karayolu üzerinde yer alan çeşme kenarında yer almaktadır.

Çankırı merkezde yer alan 11 ve 19 numaralı istasyon metal işleyen fabrika yakınında yer alan sera ve tarım alanı olarak kullanılan bir noktadır. 12 numaralı istasyon Çankırı merkez sanayi sitesinde yer alan derenin sanayiye girmeden önceki kısmında yer alırken 14 numaralı istasyon ise aynı bölgede aynı derenin sanayi sonrası Kızılırmak'a doğru aktığı yerde yer almaktadır. 13 numaralı istasyon ise Çankırı-Ankara yolu üzerinde yer alan hem araç hem de tren trafiği için kullanılan bir istasyondur. Örnekler 15, 16, 17 ve 20 numaralı istasyonlardan şehir merkezinden geçen Tatlı Çay'a yakın olarak yer alan tarımsal alanlardan alınırken 18 numaralı istasyon beton santrali yakınında yer alan seradan alınmıştır.

3.2 Yöntem

Oda koşullarında yaklaşık 30 dakika bekletilen numuneden yaklaşık 0,5 g doğrudan 1 mg hassasiyette TFM kabına tartılmıştır. Örneğin üzerine 8 mL %65 HNO₃ ve 2 mL %37 H₂O₂ ilave edildikten sonra CEM MARS-2 mikrodalga sisteminde 1200 W güçte, 180 °C sıcaklıkta orta basınçta 15 dakika rampa süresi ve 15 dakika bekleme süresi ile çözünürleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sıvı kantitatif mavi bant filtre kâğıdı ile süzölmüş ve nihai hacim ASTM Tip 1 ultra saf su ile 30 mL'ye tamamlanmıştır. Elde edilen çözeltiler iyice vortekslendikten sonra analiz başlangıcına kadar +4°C'de saklanmış, analizden 1 saat önce analizör ile denge sıcaklığına gelmesi amacıyla laboratuvara alınmıştır.

Elde edilen çözeltilerin içerisindeki Cu, Cd, Hg, Pb ve Zn derişimleri Ar(g) plazmasında Spectro marka Blue model ICP-OES analizörü ile tespit edilmiştir. Her numune okuması üç kez tekrarlanmıştır. Primer standart çözeltiden 10, 20, 50, 100, 200, 400, 800, 1000, 2000, 4000 ppb derişimlere seyreltilerek hazırlanan standart çözeltiler ile bilinen konsantrasyonun CPS'e karşı grafiğe geçirilmesi yoluyla harici kalibrasyon yapılmış, element derişimleri bu kalibrasyon grafikleri kullanılarak cihaz yazılımı tarafından otomatik olarak hesaplanmıştır. Primer standart olarak "Merck ICP multi-element standard solution VI" miks çözeltisi kullanılmıştır. Geri kazanım çalışmaları için çalışılan numuneler arasından seçilen temsilci numunelere 100 ppb standart çözeltisi eklenmiş, standart ekli çözeltiden elde edilen sonuçlar standart ekli olmayan çözeltiden çıkarılarak % geri kazanımlar hesaplanmıştır. Çalışılan numunelerin analiz sonuçları seyreltme faktörleri ile çarpılarak gerçek derişimler elde edilmiştir. Tüm seyreltmeler ASTM Tip 1 distile su ile hazırlanan %2 HNO₃ (aq) çözeltisi ile yapılmıştır. Hazırlama ve analiz için kullanılan tüm kimyasallar analitik saflıktadır. Analizör çalışma parametreleri aşağıdaki gibidir:

- RF Gücü: 1435 W
- Plasma Gaz Akışı (Argon): 13 L/dk
- Auxiliary Gaz Akışı (Argon): 0,80 L/dk
- Nebulizer Gaz Akışı (Argon): 0,75 L/dk
- Nebulizer: Micromist

- Analiz Süresi: 36 saniye
- Pompa Hızı: 30 rpm
- Plazma – Dedektör Yerleşimi: Axial

3.3 İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analiz programı olarak SPSS versiyon 22 programı kullanılmıştır. Toprak ve solucan ile Eldivan ile Çankırı merkez örneklerinin karşılaştırılmasında herbir parametre için ortalama, standart hata, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri belirlenerek karşılaştırma için Kruskal-Wallis analizi yapılmıştır. Önemlilik derece $P \leq 0.05$ olarak belirlenen verilerde istatistiksel olarak önemli kabul edilmiştir. Ayrıca aralarında istatistiksel olarak fark bulunan verilerde Box-Whisker grafikleri çizilerek veriler görselleştirilmiştir.

Biyoakümüilasyon faktörü hesaplaması Wang ve diğ. (2018)'de yer alan aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$BAF = Mew / Ms$$

BAF: Biyoakümüilasyon faktörü

Mew: Solucanlardaki metal konsantrasyon (mg/kg)

Ms: Topraktaki metal konsantrasyon (mg/kg)

4. BULGULAR

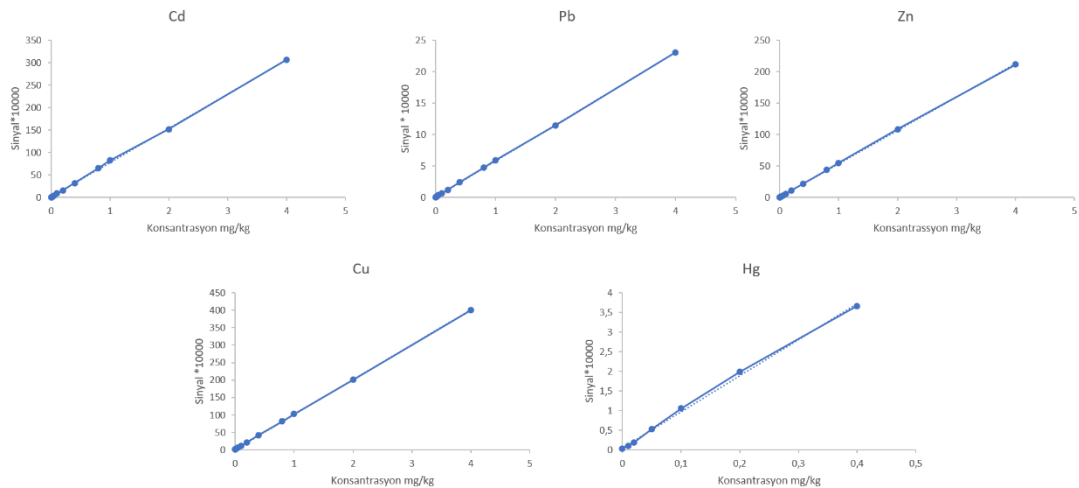
Tez çalışması sırasında yapılan analizlere ait performans verileri Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1: Analiz performans verileri.

Element [dalga boyu]	Dedeksiyon alt limiti (ppm)	Dedeksiyon üst limiti (ppm)	BEC (ppm)	Korelasyon katsayısı	% Geri kazanım (solucan)	% Geri kazanım (toprak)
Cd [226,502]	0,000251	1,2	0,00971	0,99987	112	93
Pb [220,353]	0,00145	1,2	0,0876	0,99999	103	91
Zn [202,613]	0,000848	4,8	0,00888	0,99992	110	80
Cu [324,754]	0,000465	4,8	0,0333	0,99998	117	104
Hg [253,602]	0,00139	0,48	0,0486	0,99887	77	75

4.1 ICP-OES Kalibrasyon Grafikleri

Çalışılan parametrelere ait ICP-OES kalibrasyon grafikleri Şekil 4.1’de verilmiştir.



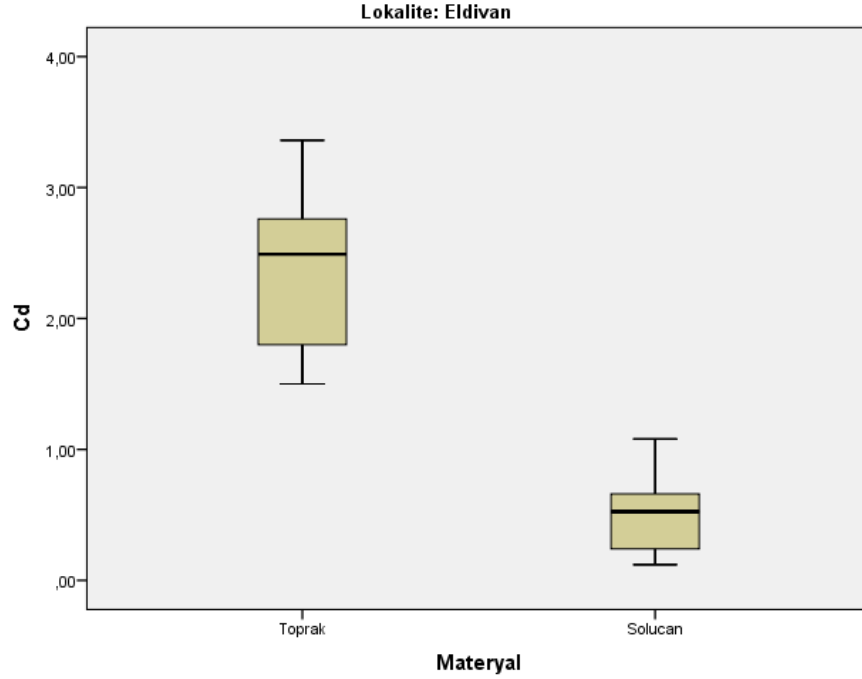
Şekil 4.1: ICP-OES cihazında çizilen kalibrasyon eğrileri.

4.2 Kadmiyum Analiz Sonuçları

Cd örnekleri incelendiğinde Eldivan'dan alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 10 numaralı istasyondan 3,36 mg/kg olarak elde edilirken solucan örneklerinden ise en yüksek seviye 3 numaralı istasyondan 1,08 mg/kg olarak belirlenmiştir (EK 1). Eldivan'daki topraklarda ortalama Cd seviyesi $2,39 \pm 0,60$ mg/kg olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Cd seviyesi ise $0,51 \pm 0,29$ mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Eldivan örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Cd seviyesi karşılaştırıldığında topraktaki Cd seviyesinin solucan örneklerinden istatistiksel olarak önemli oranda daha yüksek olduğu görülmüştür ($P \leq 0.001$) (Çizelge 4.3) (Şekil 4.2).

Çizelge 4.2: Eldivan'daki toprak ve solucan örneklerine ait tanımlayıcı istatistikler.

	Ağır metaller	Ort. (mg/kg)	Min. (mg/kg)	Maks. (mg/kg)	S.E.	S.D.
Toprak	Cd	2,39	1,50	3,36	0,19	0,60
	Pb	1,72	0	5,22	0,48	1,49
	Zn	46,84	27,30	93,42	6,83	21,61
	Cu	32,35	13,68	53,32	3,94	12,47
	Hg	0,35	0	0,90	0,10	0,31
Solucan	Cd	0,51	0,12	1,08	0,09	0,29
	Pb	1,13	0,60	2,57	0,18	0,58
	Zn	41,76	13,32	86,22	8,70	27,52
	Cu	6,28	2,46	12,54	1,06	3,36
	Hg	0,31	0	1,86	0,20	0,62



Şekil 4.2: Eldivan toprak ve solucan örneklerinde Cd seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.

Çizelge 4.3: Toprak ve solucan örneklerinin Eldivan ve merkez olarak karşılaştırıldığı Ki-kare analizi.

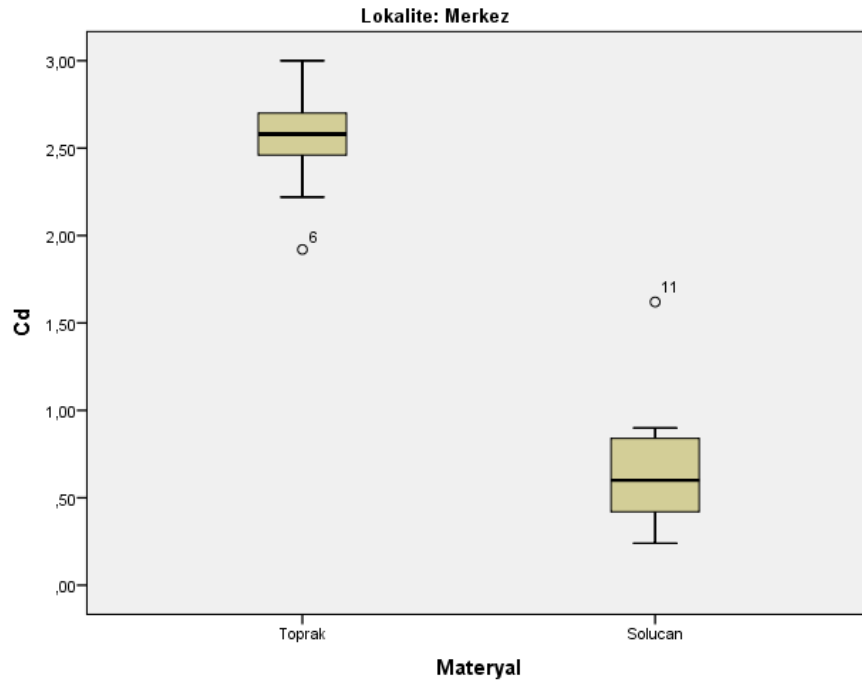
		Cd	Pb	Zn	Cu	Hg
Merkez	Ki-kare	14,307	11,580	4,806	14,286	7,689
	df	1	1	1	1	1
	P	0,001	0,001	0,028	0,001	0,006
Eldivan	Ki-kare	14,307	1,287	0,823	14,286	1,375
	df	1	1	1	1	1
	P	0,001	0,257	0,364	0,001	0,241

Cd örnekleri incelendiğinde merkezden alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 18 numaralı istasyondan 3,00 mg/kg olarak elde edilirken solucan örneklerinden ise en yüksek seviye 20 numaralı istasyondan 1,62 mg/kg olarak belirlenmiştir (EK 1). Merkezdeki topraklarda ortalama Cd seviyesi $2,56 \pm 0,32$ mg/kg olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Cd seviyesi ise $0,69 \pm 0,40$ mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Merkez örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Cd seviyesi karşılaştırıldığında topraktaki Cd seviyesinin solucan

örneklerinden istatistiksel olarak önemli oranda daha yüksek olduğu görülmüştür ($P \leq 0.001$) (Şekil 4.3) (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4: Merkezdeki toprak ve solucan örneklerine ait tanımlayıcı istatistikler.

	Ağır metaller	Ort. (mg/kg)	Min. (mg/kg)	Maks. (mg/kg)	S.E.	S.D.
Toprak	Cd	2,56	1,92	3,00	0,10	0,32
	Pb	3,68	1,86	6,60	0,47	1,48
	Zn	62,04	31,44	91,26	6,57	20,77
	Cu	37,55	21,72	62,76	3,62	11,43
	Hg	1,06	0	3,36	0,46	1,45
Solucan	Cd	0,69	0,24	1,62	0,13	0,40
	Pb	1,53	0,84	3,00	0,20	0,62
	Zn	42,76	11,88	168,20	15,02	47,49
	Cu	7,57	2,93	12,10	1,19	3,75
	Hg	0,02	0	0,20	0,02	0,06



Şekil 4.3: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Cd seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.

Eldivan ve merkez örnekleri ortalama Cd seviyesi toprak ve solucan örneklerinde karşılaştırılması sonucunda Eldivan ve merkez örneklerinde fark bulunamamıştır (Çizelge 4.5) ($P>0.05$).

Çizelge 4.5: Eldivan'daki toprak, solucan örnekleri ve BAF değerleri ile merkezdeki toprak, solucan örnekleri ve BAF değerlerinin karşılaştırıldığı Ki-kare analizi.

		Cd	Pb	Zn	Cu	Hg
Toprak	Ki-kare	0,415	8,048	2,286	0,691	0,013
	df	1	1	1	1	1
	P	0,520	0,005	0,131	0,406	0,908
Solucan	Ki-kare	1,208	3,580	0,571	0,571	1,546
	df	1	1	1	1	1
	P	0,272	0,058	0,450	0,450	0,214
BAF	Ki-kare	0,572	1,927	1,463	0,366	0,110
	df	1	1	1	1	1
	P	0,450	0,165	0,226	0,545	0,917

Merkez için Cd ortalama BAF değeri $0,27\pm0,15$ ve Eldivan için Cd ortalama BAF değeri $0,21\pm0,12$ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Cd ortalama BAF hesaplaması sonucunda merkez ile Eldivan arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$) (Çizelge 4.5).

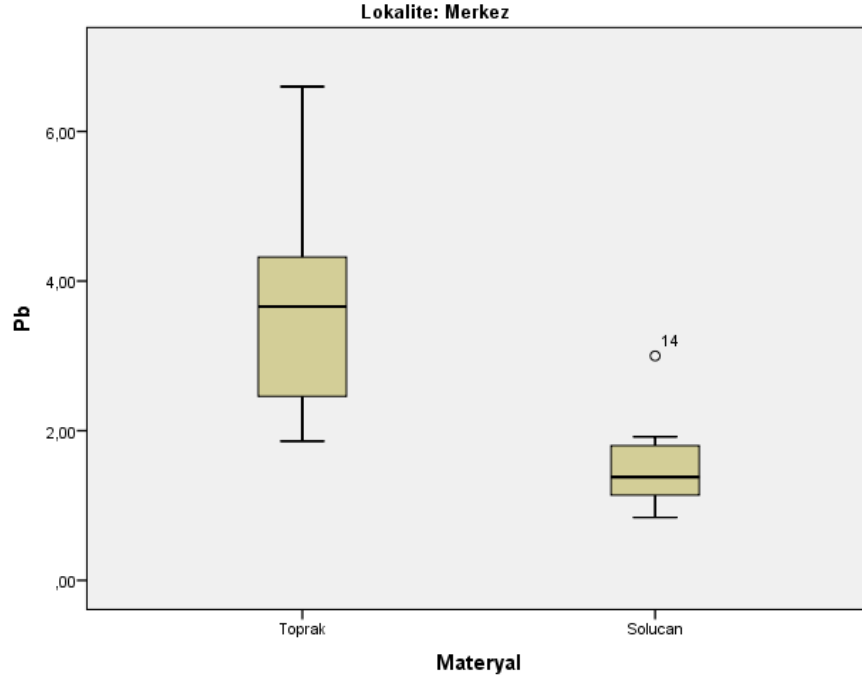
Çizelge 4.6: BAF değerine ait tanımlayıcı istatistikler.

	Ağır metaller	Ort.	Min.	Maks.	S.E.	S.D.
Merkez	Cd	0,27	0,09	0,63	0,05	0,15
	Pb	0,47	0,17	0,81	0,08	0,24
	Zn	0,71	0,16	2,58	0,23	0,73
	Cu	0,20	0,07	0,29	0,03	0,08
	Hg	0,08	0,00	0,56	0,08	0,21
Eldivan	Cd	0,21	0,07	0,43	0,04	0,12
	Pb	1,37	0,31	7,50	0,77	2,31
	Zn	1,03	0,19	2,31	0,23	0,74
	Cu	0,19	0,10	0,37	0,02	0,08
	Hg	1,11	0,00	7,75	1,11	2,93

4.3 Kurşun Analiz Sonuçları

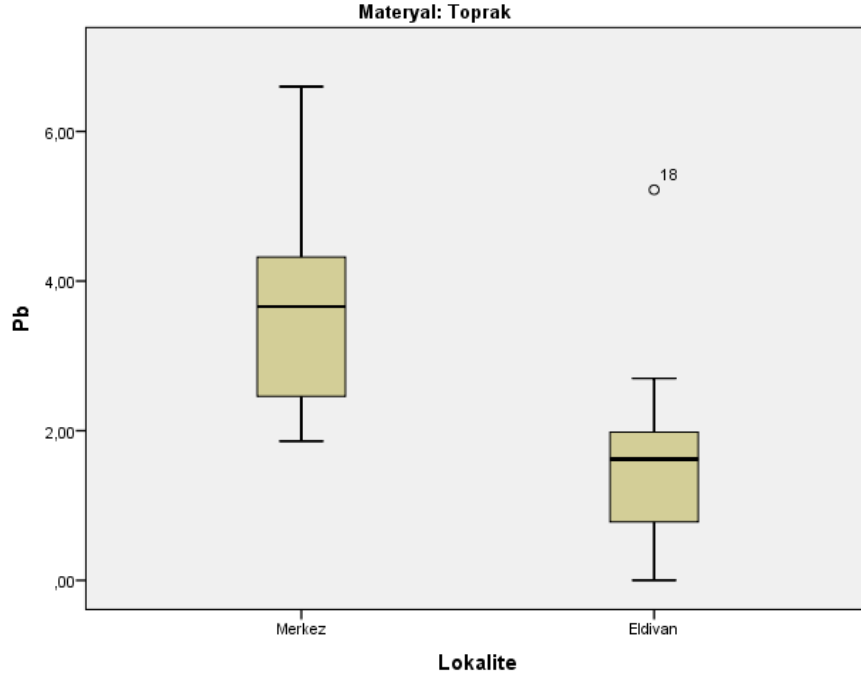
Pb örnekleri incelendiğinde Eldivan'dan alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 3 numaralı istasyondan 5,22 mg/kg olarak elde edilirken solucan örneklerinden ise en yüksek seviye 7 numaralı istasyondan 2,57 mg/kg olarak belirlenmiştir (EK 1). Eldivan'daki topraklarda ortalama Pb seviyesi $1,72 \pm 1,49$ mg/kg olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Pb seviyesi ise $1,13 \pm 0,58$ mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Eldivan örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Pb seviyesi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli fark görülmemiştir ($P > 0.05$) (Çizelge 4.3).

Pb örnekleri incelendiğinde merkezden alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 17 numaralı istasyondan 6,60 mg/kg olarak elde edilirken solucan örneklerinden ise en yüksek seviye 17 numaralı istasyondan 3,00 mg/kg olarak belirlenmiştir (EK 1). Merkezdeki topraklarda ortalama Pb seviyesi $3,68 \pm 1,48$ mg/kg olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Pb seviyesi ise $1,53 \pm 0,62$ mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Merkez örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Pb seviyesi karşılaştırıldığında topraktaki Pb seviyesinin solucan örneklerinden istatistiksel olarak önemli oranda daha yüksek olduğu görülmüştür ($P \leq 0.001$) (Şekil 4.4) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.4: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Pb seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.

Eldivan ve merkez örnekleri ortalama Pb seviyesi toprak ve solucan örneklerinde karşılaştırılması sonucunda Eldivan ve merkez örneklerinde sadece toprak örneklerinde istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur ($P \leq 0.05$) (Çizelge 4.5). Merkezdeki toprak örneklerindeki Pb oranı ($3,68 \pm 1,48$) Eldivan'daki toprak örneklerindeki Pb oranından ($1,72 \pm 1,49$) daha yüksek bulunmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Merkez ve Eldivan'daki toprak örneklerinde Pb seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.

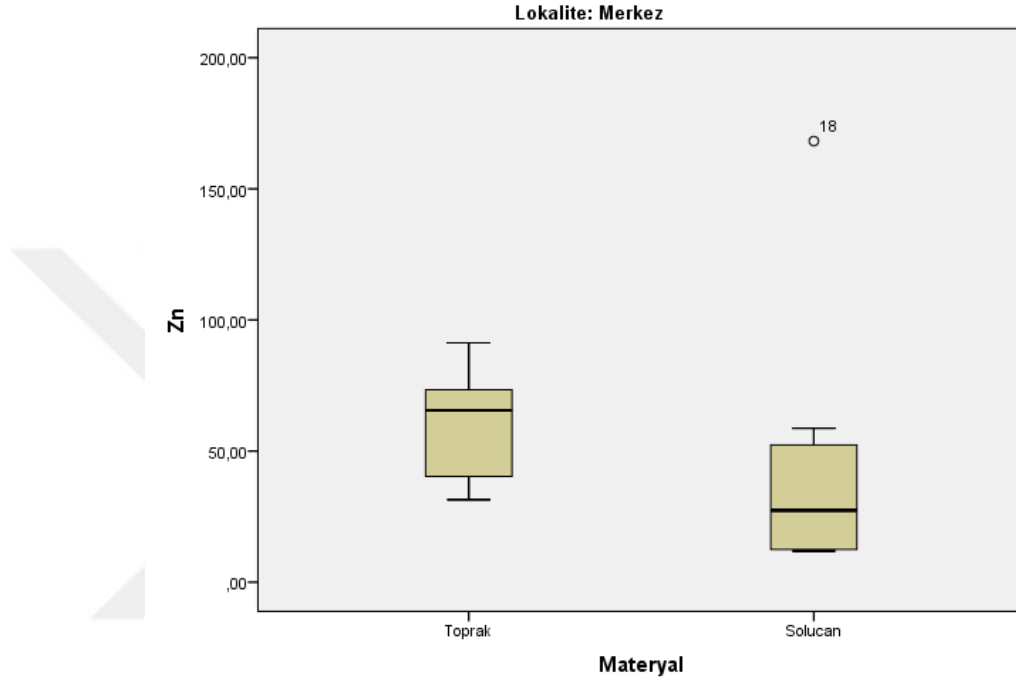
Merkez için Pb ortalama BAF değeri $0,47 \pm 0,24$ ve Eldivan için Pb ortalama BAF değeri $1,37 \pm 2,31$ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Pb ortalama BAF hesaplaması sonucunda merkez ile Eldivan arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ($P > 0,05$) (Çizelge 4.5).

4.4 Çinko Analiz Sonuçları

Zn örnekleri incelendiğinde Eldivan'dan alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 1 numaralı istasyondan $93,42 \text{ mg/kg}$ olarak elde edilirken solucan örneklerinden ise en yüksek seviye 5 numaralı istasyondan $86,22 \text{ mg/kg}$ olarak belirlenmiştir (EK 1). Eldivan'daki topraklarda ortalama Zn seviyesi $46,84 \pm 21,61 \text{ mg/kg}$ olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Zn seviyesi ise $41,76 \pm 27,52 \text{ mg/kg}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Eldivan örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Zn seviyesi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Çizelge 4.3).

Zn örnekleri incelendiğinde merkezden alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 17 numaralı istasyondan $91,26 \text{ mg/kg}$ olarak elde edilirken solucan örneklerinden ise en yüksek seviye 13 numaralı istasyondan $168,20 \text{ mg/kg}$ olarak

belirlenmiştir (EK 1). Merkezdeki topraklarda ortalama Zn seviyesi $62,04 \pm 20,77$ mg/kg olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Zn seviyesi ise $42,76 \pm 47,49$ mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Merkez örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Zn seviyesi karşılaştırıldığında topraktaki Zn seviyesinin solucan örneklerinden istatistiksel olarak önemli oranda daha yüksek olduğu görülmüştür ($P \leq 0.05$) (Şekil 4.6) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.6: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Zn seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.

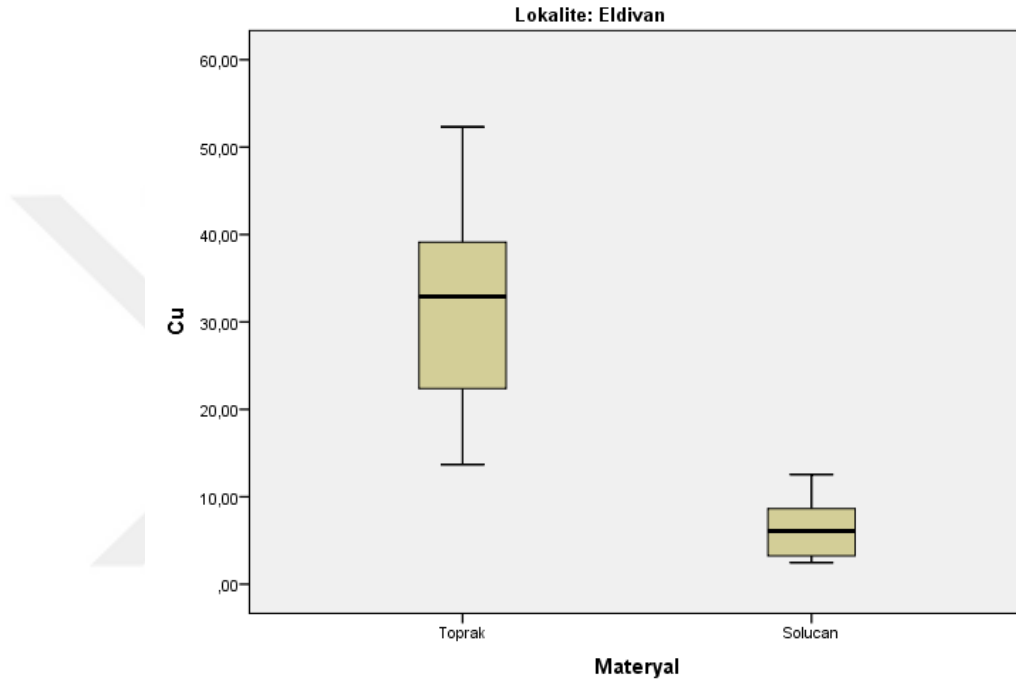
Eldivan ve merkez örnekleri ortalama Zn seviyesi toprak ve solucan örneklerinde karşılaştırılması sonucunda Eldivan ve merkez örneklerinde fark bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Çizelge 4.5).

Merkez için Zn ortalama BAF değeri $0,71 \pm 0,73$ ve Eldivan için Zn ortalama BAF değeri $1,03 \pm 0,74$ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Zn ortalama BAF hesaplaması sonucunda merkez ile Eldivan arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ($P > 0,05$) (Çizelge 4.5).

4.5 Bakır Analiz Sonuçları

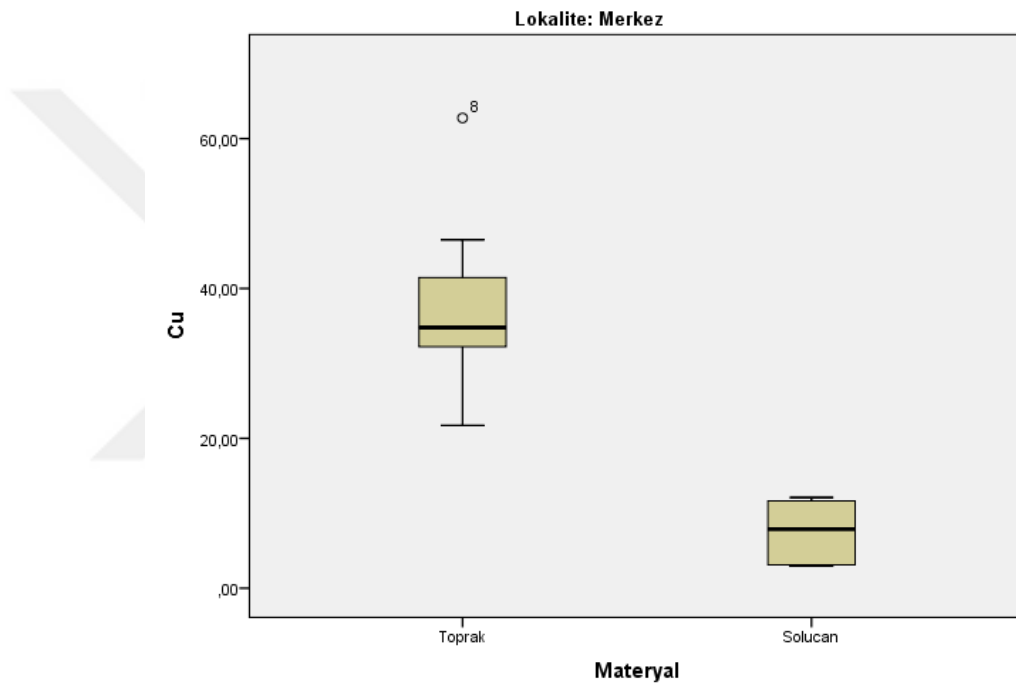
Cu örnekleri incelendiğinde Eldivan'dan alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 8 numaralı istasyondan $52,32$ mg/kg olarak elde edilirken solucan

örneklerinden ise en yüksek seviye 8 numaralı istasyondan 12,54 mg/kg olarak belirlenmiştir (EK 1). Eldivan'daki topraklarda ortalama Cu seviyesi $32,35 \pm 12,47$ mg/kg olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Cu seviyesi ise $6,28 \pm 3,36$ mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Eldivan örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Cu seviyesi karşılaştırıldığında topraktaki Cu seviyesinin solucan örneklerinden istatistiksel olarak önemli oranda daha yüksek olduğu görülmüştür ($P \leq 0.001$) (Şekil 4.7) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.7: Eldivan toprak ve solucan örneklerinde Cu seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.

Cu örnekleri incelendiğinde merkezden alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 13 numaralı istasyondan 62,76 mg/kg olarak elde edilirken solucan örneklerinden ise en yüksek seviye 13 numaralı istasyondan 12,10 mg/kg olarak belirlenmiştir (EK 1). Merkezdeki topraklarda ortalama Cu seviyesi $37,54 \pm 11,43$ mg/kg olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Cu seviyesi ise $7,57 \pm 3,75$ mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Merkez örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Cu seviyesi karşılaştırıldığında topraktaki Cu seviyesinin solucan örneklerinden istatistiksel olarak önemli oranda daha yüksek olduğu görülmüştür ($P \leq 0.001$) (Şekil 4.8) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.8: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Cu seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.

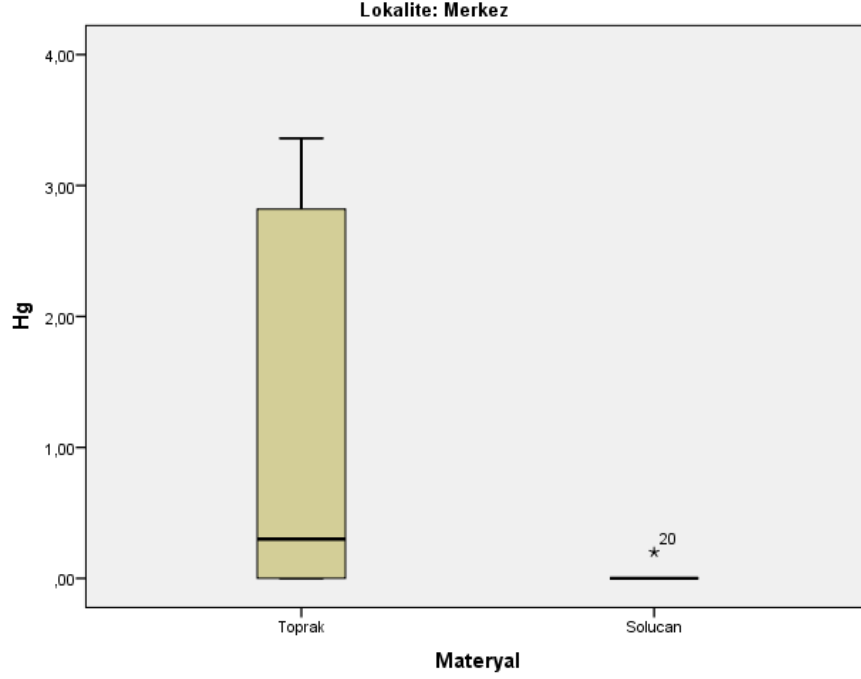
Eldivan ve merkez örnekleri ortalama Cu seviyesi toprak ve solucan örneklerinde karşılaştırılması sonucunda Eldivan ve merkez örneklerinde fark bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Çizelge 4.5).

Merkez için Cu ortalama BAF değeri $0,20\pm0,08$ ve Eldivan için Cu ortalama BAF değeri $0,19\pm0,08$ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Cu ortalama BAF hesaplaması sonucunda merkez ile Eldivan arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$) (Çizelge 4.5).

4.6 Cıva Analiz Sonuçlar

Hg örnekleri incelendiğinde Eldivan'dan alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 8 numaralı istasyondan $0,90$ mg/kg olarak elde edilirken solucan örneklerinden ise en yüksek seviye 1 numaralı istasyondan $1,86$ mg/kg olarak belirlenmiştir (EK 1). Eldivan'daki topraklarda ortalama Hg seviyesi $0,35\pm0,31$ mg/kg olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Hg seviyesi ise $0,31\pm0,62$ mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Eldivan örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Hg seviyesi karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunamamıştır ($P>0,05$) (Çizelge 4.3).

Hg örnekleri incelendiğinde merkezden alınan toprak örneklerinde en yüksek seviye 19 numaralı istasyondan $3,36$ mg/kg olarak elde edilirken solucan örneklerinden ise en yüksek seviye 11 numaralı istasyondan $0,20$ mg/kg olarak belirlenmiştir (EK 1). Merkezdeki topraklarda ortalama Hg seviyesi $1,06\pm1,45$ mg/kg olarak belirlenirken solucan örneklerindeki ortalama Hg seviyesi ise $0,02\pm0,06$ mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Merkez örneklerinde toprak ve solucan örneklerindeki Hg seviyesi karşılaştırıldığında topraktaki Hg seviyesinin solucan örneklerinden istatistiksel olarak önemli oranda daha yüksek olduğu görülmüştür ($P\leq0,05$) (Şekil 4.9) (Çizelge 4.3).



Şekil 4.9: Merkez toprak ve solucan örneklerinde Hg seviyesindeki farklılığı gösteren Box-Whisker grafiği.

Eldivan ve merkez örnekleri ortalama Hg seviyesi toprak ve solucan örneklerinde karşılaştırılması sonucunda Eldivan ve merkez örneklerinde fark bulunamamıştır ($P>0.05$) (Çizelge 4.5).

Merkez için Hg ortalama BAF değeri $0,08\pm0,21$ ve Eldivan için Hg ortalama BAF değeri $1,11\pm2,93$ olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Hg ortalama BAF hesaplaması sonucunda merkez ile Eldivan arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$) (Çizelge 4.5).

5. TARTIŞMA

Bu çalışma esnasında, Çankırı merkez ile Eldivan ilçesindeki toprak ve toprak solucanlarında ağır metal seviyesi karşılaştırılması yapılmıştır. Bunun için Cd, Pb, Zn, Cu ve Hg ağır metalleri ICP-OES ile analiz edilmiştir. Merkez ilçe sanayileşme ve şehir içi araç ve tren trafiğinin daha yoğun olduğu yüksek nüfusa sahip bir bölge ile Eldivan ise tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak gerçekleştirildiği daha küçük nüfuslu bir bölgedir.

Resmi gazetede 31.05.2005 tarihinde yayınlanan toprak kirliliği yönetmeliğine göre Cd için toprakta sınır değer pH 5-6 için 1 mg/kg iken pH>6 için ise 3 mg/kg olarak belirlenmiştir. Yine resmi gazetenin 17.06.2011 tarih ve 27967 sayılı toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmelik yeterlilik belgesi tebliğine göre Cd'ye belirli süre maruz kalan varsayılarak hesaplanan (Jenerik sınır) değer toprağın yutulması ve deri teması ile 70 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda en yüksek toprak değerleri Eldivan'da 3,36 mg/kg (Ort±S.D., 2,39±0,60) olarak 10 nolu istasyon (karayolu) ve merkezde ise 3,00 mg/kg (Ort±S.D., 2,56±0,32) olarak 18 nolu istasyondan (beton santrali) elde edilmiştir. Solucan örneklerinde ise en yüksek Cd seviyesi Eldivan'da 1,08 mg/kg (Ort±S.D., 0,51±0,29) olarak 3 nolu istasyon (tarımsal alan) ve merkezde ise 1,62 mg/kg (Ort±S.D., 0,69±0,40) olarak 20 nolu istasyondan (tarımsal alan) elde edilmiştir. Görüldüğü gibi Cd seviyesi merkezdeki bütün örnekler yasal sınıra uygun iken Eldivan'da karayoluna yakın olan örnek yasal sınırın üzerinde bulunmuştur. Kubier ve diğ. (2019) insan kaynaklı atmosferik Cd kaynaklarından birinin de yol kaynaklı tozlar olduğunu belirtmiştir. Örneklem yaptığımız 10 nolu istasyonun yola yakın olması nedeniyle Cd seviyesi yüksek çıkmış olabilir. Mutlu ve Uncumusaoğlu (2017) Alpsarı Göleti'nde (Çankırı) yaptıkları analiz sonucunda Cd seviyesini 0,161±0,146 mg/L olarak bulunmuştur. Erşahin ve diğ. (2018) Çankırı şehir merkezindeki ana yol boyunca toprak örneklerinden yaptıkları ICP-MS araştırması sonucunda Cd ortalamasını 0,027 mg/kg (min.=0,003, maks.=0,37) olarak bulunmuştur. Hançerlioğulları ve Eyüboğlu (2022) Çankırı ilinde kaya tuzunda yaptıkları ağır metal ölçümünde Cd ölçüm sınırları altında bulunmuştur. Buna göre Çankırı ilinden daha önce yapılan çalışmalarda ortalama Cd seviyesi bizim çalışmamıza benzer olarak yasal sınırlara uygun olarak bulunmuştur. Toksisite testi sonucunda, sırasıyla 2,51 mg/kg ve 3,74 mg/kg Cd'un *Eisenia fetida* ve

Aporrectodea caliginosa türlerindeki toprak solucanları için %50 mortalite oranına sahip olduğu bulunmuştur (Elyamine ve diğerleri, 2018). Bizim çalışmamızda Cd seviyesi toprak solucanlarında 0,12-1,62 mg/kg arasında değişmektedir ve bu oran mortalite oranından oldukça uzak görülmektedir. Ekperusi ve diğ. (2016) topraktaki Cd ortalamasının 3,04 olduğunu ve *Hyperiodrilus africanus* türü toprak solucanlarının kullanımından sonra topraktaki Cd miktarının %57,57 azaldığını BAF değerinin Cd için 1,36 olduğunu belirtmiştir. Wang ve diğ. (2018) Çin’de toprak ve toprak solucanlarında Cd seviyesini değerlendirmişler ve sonuç olarak topraktaki Cd seviyesinin 0,81-20,4 mg/kg arasında değiştiği ve bunun yasal limitlerde olduğu belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada 4 farklı solucan türünde Cd için BAF değerlerinin 10,6-18,8 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise ortalama BAF değeri Cd için merkezde 0,27 ve Eldivan’da ise 0,21 olarak bulunmuştur. Bu oran Ekperusi ve diğ. (2016) ve Wang ve diğ. (2018)’den oldukça düşüktür.

Resmi gazetede 31.05.2005 tarihinde yayınlanan toprak kirliliği yönetmeliğine göre Pb için toprakta sınır değer pH 5-6 için 50 mg/kg iken pH>6 için ise 300 mg/kg olarak belirlenmiştir. Resmi gazetenin 17.06.2011 tarih ve 27967 sayılı toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmelik yeterlilik belgesi tebliğine göre Pb’ye ait jenerik sınır değer toprağın yutulması ve deri teması ile 235 mg/kg olarak belirlenmiştir. Merkezde toprak örneklerinde en yüksek Pb oranı 6,60 mg/kg (Ort±S.D., 3,68±1,48) 17 nolu istasyon (tarımsal alan) iken Eldivan’da ise toprakta en yüksek Pb oranı 5,22 mg/kg (Ort±S.D., 1,72±1,49) 3 nolu istasyon (tarımsal alan) da bulunmuştur. Solucan örneklerinde ise merkezde en yüksek Pb oranı yine 17 nolu istasyonda (tarımsal alan) 3,00 mg/kg (Ort±S.D., 1,53±0,62) iken Eldivan’da ise en yüksek Pb oranı 7 nolu istasyonda (tarımsal alan) 2,57 mg/kg (Ort±S.D., 1,13±0,58) olarak bulunmuştur. Bu oranlar yasal mevzuatlarla belirlenen sınırlardan oldukça uzak olarak görülmüştür. Tarımsal alanlarda Pb kaynaklı kirliliğin temel nedenleri gübre, kimyasal herbisitler, böcek ilaçları ve atık deşarj çamurlarıdır (Arao ve diğerleri, 2010). Bizim çalışmamızda da tarımsal alanlarda Pb konsantrasyonu nispeten diğer alanlara göre yüksek çıkmasının nedeni gübre ve tarımsal ilaçların olabileceğini düşündürmektedir. Mutlu ve Uncumusaoğlu (2017) Alpsarı Göleti’nde (Çankırı) yaptıkları analiz sonucunda Pb seviyesini 0,0014±0,0016 mg/L olarak bulunmuştur. Erşahin ve diğ. (2018) Çankırı şehir merkezindeki ana yol boyunca toprak

örneklerinden yaptıkları ICP-MS araştırması sonucunda Pb ortalamasını 0,95 mg/kg (min.=0,39, maks.=5,10) olarak bulunmuştur. Hançerlioğulları ve Eyüboğlu (2022) Çankırı ilinde kaya tuzunda yaptıkları ağır metal ölçümünde ortalama Pb değeri 1,4 mg/kg olarak bulunmuştur. Çankırı ili genelinde yapılan çalışmalara baktığımızda ortalama Pb değeri çalışmamızda olduğu gibi yasal sınırlara uygun olarak bulunmuştur. Toprak solucanlarında yapılan çalışmaya göre farklı toprak tiplerinde 2000 mg/kg Pb konsantrasyonda ölüm oranının 0-100% arasında değiştiği ve solucanların biyoakümülyasyon ile vücut içi Pb konsantrasyonunun 28,7-782 mg/kg arasında olduğu ve ortalamasının ise 271 mg/kg olarak hesaplandığı belirtilmiştir (Bradham ve diğerleri, 2006). Ekperusi ve diğ. (2016) topraktaki ortalama Pb seviyesinin 4,91 olduğunu ve *Hyperodrilus africanus* türü toprak solucanlarının kullanımından sonra topraktaki Pb miktarının %57,64 azaldığını BAF değerinin Pb için 1,36 olduğunu belirtmiştir. Wang ve diğ. (2018) Çin’de topraktaki Pb miktarının 58,4-429 mg/kg arasında değiştiğini ve Pb BAF değerinin ise 0,56-0,95 arasında olduğunu bulmuştur. Bizim çalışmamızda ise PB için ortalama BAF değeri merkezde 0,47 iken Eldivan’da 1,37 olarak bulunmuştur. Merkez Pb için BAF değeri Wang ve diğ. (2018) ile uyumlu iken Eldivan’daki Pb için BAF değeri ise Ekperusi ve diğ. (2016) ile uyumlu bulunmuştur.

Resmi gazetede 31.05.2005 tarihinde yayınlanan toprak kirliliği yönetmeliğine göre Zn için toprakta sınır değer pH 5-6 için 150 mg/kg iken pH>6 için ise 300 mg/kg olarak belirlenmiştir. Resmi gazetenin 17.06.2011 tarih ve 27967 sayılı toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmelik yeterlilik belgesi tebliğine göre toprağın yutulması ve deri temas yoluyla emilim için Zn için belirlenen jenerik sınır değer 23464 mg/kg olarak belirlenmiştir. Merkezde toprak örneklerinde en yüksek Zn oranı 91,26 mg/kg (Ort±S.D., 62,04±20,77) 17 nolu istasyon (tarımsal alan) iken Eldivan’da ise toprakta en yüksek Zn oranı 93,42 mg/kg (Ort±S.D., 46,84±21,61) 1 nolu istasyonda (kümes) bulunmuştur. Solucan örneklerinde ise merkezde en yüksek Zn oranı yine 13 nolu istasyonda (tren ve karayolu yakını) 168,20 mg/kg (Ort±S.D., 42,76±47,49) iken Eldivan’da ise en yüksek Zn oranı 5 nolu istasyonda (tarımsal alan) 86,22 mg/kg (Ort±S.D., 41,76±27,52) olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre yalnız tren ve karayolu yakınında yer alan bir solucan örneği pH 5-6 için sınır değeri aştığı tespit edilmiştir. Mireles ve diğ. (2012) Meksika’da yaptıkları çalışma sırasında iki şehirdeki ağır metal kirliliğinin nedenleri araştırmış ve Zn kirliliğinin maden arama

faaliyetleri ve trafik kaynak olduğu bümüşlardır. Bizim çalışmamızda en yüksek değer araç ve tren trafiğinin yoğun olduğu bir alanda yaşayan toprak solucanında bulunması yüksek Zn seviyesini açıklamaktadır. Mutlu ve Uncumusaoğlu (2017) Alpsarı Göleti'nde (Çankırı) yaptıkları su analizi sonucunda Zn miktarını $15,361 \pm 6,825$ µg/L olarak bulmuştur. Erşahin ve diğ. (2018) Çankırı şehir merkezindeki ana yol boyunca toprak örneklerinden yaptıkları analiz sonucunda Zn ortalamasını 2,85 mg/kg (min.=1,05, maks.=5,51) olarak bulunmuştur. Hançerlioğulları ve Eyüboğlu (2022) Çankırı ilinde kaya tuzunda yaptıkları ağır metal ölçümünde ortalama Zn için ortalama değeri 2,0 mg/kg olarak bulunmuştur. Daha önceki literatür bilgisi ve çalışmamızdan da anlaşılabileceği gibi Çankırı ilinde yapılan çalışmalarda Zn ortalama değerleri yasal sınırlara uygun olarak çıkmıştır. *Eisenia andrei* cinsi toprak solucanlarında yapılan çalışmaya göre 500 ve 1000 mg/kg Zn'ya 28 gün maruziyette ölüm ve büyüme oranlarının etkilendiği ayrıca 250 mg/kg Zn maruziyetinde ise doğurganlığın %54 ve üreme performansının %80 azaldığı belirtilmiştir (Fernandez ve diğerleri, 2021). Ekperusi ve diğ. (2016) topraktaki Zn miktarının 0,62 olduğunu ve *Hyperiodrilus africanus* türü toprak solucanlarının kullanımından sonra topraktaki Zn miktarının %57,66 azaldığını BAF değerinin Zn için 1,36 olduğunu belirtmiştir. Wang ve diğ. (2018) Çin'de topraktaki Zn miktarının 123-571 mg/kg arasında değiştiğini ve Zn için BAF değerinin ise 1,15-1,75 arasında olduğunu bulmuştur. Bizim çalışmamızda ise Zn için merkezde ortalama BAF değeri 0,71 iken Eldivan'da ise 1,03 olarak bulunmuştur. Bu bakımda Eldivan örneklerindeki Zn için ortalama BAF değeri Ekperusi ve diğ. (2016) ve Wang ve diğ. (2018)'e yakın iken merkezde ki örneklerin BAF değeri oldukça düşük bulunmuştur. Bunun nedeni olarak ise Eldivan ve merkezde ki toprak örneklerinde Zn miktarının düşük olması nedeniyle biyoakümüülasyonun düşük olduğunu düşündürmektedir.

Resmi gazetede 31.05.2005 tarihinde yayınlanan toprak kirliliği yönetmeliğine göre Cu için toprakta sınır değer pH 5-6 için 50 mg/kg iken pH>6 için ise 140 mg/kg olarak belirlenmiştir. Resmi gazetenin 17.06.2011 tarih ve 27967 sayılı toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmelik yeterlilik belgesi tebliğine göre toprağın yutulması ve deri temas yoluyla emilim için Cu için belirlenen jenerik sınır değer 3129 mg/kg olarak belirlenmiştir. Merkezde toprak örneklerinde en yüksek Cu oranı 62,76 mg/kg (Ort±S.D., $37,54 \pm 11,43$) 13 nolu istasyon (tren ve karayolu yakını) iken Eldivan'da ise toprakta

en yüksek Cu oranı 52,32 mg/kg (Ort±S.D., 32,35±12,47) 8 nolu istasyonda (tarımsal alan) bulunmuştur. Solucan örneklerinde ise merkezde en yüksek Cu oranı yine 13 nolu istasyonda (tren ve karayolu yakını) 12,10 mg/kg (Ort±S.D., 7,57±3,75) iken Eldivan'da ise en yüksek Cu oranı 8 nolu istasyonda (tarımsal alan) 12,54 mg/kg (Ort±S.D., 6,28±3,36) olarak bulunmuştur. Tarımsal alanlarda fungusit ve gübre miktarının artması ile topraktaki Cu miktarın arttığı belirtilmiştir (Li ve diğerleri, 2020). Eldivan'da tarımsal alanda Cu miktarının pH 5-6 sınırından nispeten yüksek olması tarımsal amaçlı fungusit ve gübre kullanımı kaynaklı olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca, Zhang ve diğ. (2012) Nepal'de yola yakın tarım alanlarında yaptıkları çalışmada başta Cu olmak üzere ağır metallerin yoldan uzaklaştıkça miktarının azaldığını ve topraktaki ağır metal kirliliğinin trafik kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Bu durum, merkezde tren ve karayoluna yakın alandaki Cu miktarının pH 5-6 sınır değerinden yüksek olmasının nedeninin trafik kaynaklı olabileceğini göstermektedir. Mutlu ve Uncumusaoğlu (2017) Alpsarı Göleti'nde (Çankırı) yaptıkları su analizi sonucunda Cu miktarını 4,611±3,751 µg/L olarak bulmuştur. Erşahin ve diğ. (2018) Çankırı şehir merkezindeki ana yol boyunca toprak örneklerinden yaptıkları analiz sonucunda Cu ortalamasını 1,94 mg/kg (min.=0,46, maks.=15,17) olarak bulunmuştur. Hançerlioğulları ve Eyüboğlu (2022) Çankırı ilinde kaya tuzunda yaptıkları ağır metal ölçümünde ortalama Cu için ortalama değeri 1,8 mg/kg olarak bulunmuştur. Yapılan literatür karşılaştırılması sonucunda bizim çalışmamızda elde edilen ortalama değerler hem merkezde hem de Eldivan'da daha yüksek çıkmassına rağmen sınır değerlere uygun bulunmuştur. Friis ve diğ. (2004) *Aporrectodea caliginosa* cinsi toprak solucanlarına 150 mg/kg konsantrasyonda Cu uygulamışlardır ve bu konsantrasyonun solucanların %13 ile %31 için ölümcül olduğunu ve solucanların 36-116 µg/g Cu'yu vücut içine aldıkları görülmüştür. Bizim çalışmamızda elde edilen veriler bu mikatrın çok altında kaldığı ve bu nedenle solucanlar için mortalite oranının düşük olduğu düşünülmektedir. Ekperusi ve diğ. (2016) topraktaki Cu miktarının 0,34 olduğunu ve *Hyperiodrilus africanus* türü toprak solucanlarının kullanımından sonra topraktaki Cu miktarının %57,64 azaldığını BAF değerinin Cu için 1,36 olduğunu belirtmiştir. Wang ve diğ. (2018) 4 farklı solucan türü ve toprak analizi araştırması sonucunda Çin'de çalışılan alanlardaki topraktaki Cu miktarının 19,5-217 mg/kg arasında değiştiğini ve Cu için BAF değerinin ise 1,01-1,35 arasında olduğunu belirtmiştir. Bizim çalışmamızda ise

Cu için BAF değeri merkezde 0,20 iken Eldivan'da 0,19 olarak bulunmuş ve bu değer Ekperusi ve diğ. (2016) ve Wang ve diğ. (2018)'e göre oldukça düşük bulunmuştur.

Resmi gazetede 31.05.2005 tarihinde yayınlanan toprak kirliliği yönetmeliğine göre Hg için toprakta sınır değer pH 5-6 için 1 mg/kg iken pH>6 için ise 1,5 mg/kg olarak belirlenmiştir. Resmi gazetenin 17.06.2011 tarih ve 27967 sayılı toprak kirliliğinin kontrolü ve noktasal kaynaklı kirlenmiş sahalara dair yönetmelik yeterlilik belgesi tebliğine göre toprağın yutulması ve deri temas yoluyla emilim için Hg için belirlenen jenerik sınır değer 23 mg/kg olarak belirlenmiştir. Merkezde toprak örneklerinde en yüksek Hg oranı 3,36 mg/kg (Ort±S.D., 1,06±1,45) 19 nolu istasyon (metal işleyen fabrika yakını) iken Eldivan'da ise toprakta en yüksek Hg oranı 0,90 mg/kg (Ort±S.D., 0,35±0,31) 8 nolu istasyonda (tarımsal alan) bulunmuştur. Ayrıca yine merkezde yer alan Tatlı Çay yakını 2 tarımsal alan olan 17 nolu istasyon ve 20 nolu istasyonda da Hg seviyesi sırasıyla 2,82 ve 3,24 mg/kg olarak yasal sınırın oldukça üzerinde bulunmuştur. Solucan örneklerinde ise merkezde en yüksek Hg oranı yine 11 nolu istasyonda (metal işleyen fabrika yakını) 0,20 mg/kg (Ort±S.D., 0,02±0,06) iken Eldivan'da ise en yüksek Hg oranı 1 nolu istasyonda (kümes) 1,86 mg/kg (Ort±S.D., 0,31±0,62) olarak bulunmuştur. Hg toprağa pestisitler, fungusitler, altın madenciliği, kimyasal endüstri, fosil yakıtların yanması, yüksek sıcaklıklı eritme işlemleri ve maden atıkları ile toprağa yayılmasını sağlar (Panagos ve diğerleri, 2021). Bizim çalışmamızda da tarımsal alanlarda Hg seviyesinin yüksek çıkmasının nedeni olası pestisit ve fungusit kullanımı iken metal işleyen fabrika yakınında Hg seviyesinin yüksek çıkmasının nedeni ise eritme ve fosil yakıt kullanımı olabileceği düşünülmektedir. Mutlu ve Uncumusaoğlu (2017) Alparsı Göleti'nde (Çankırı) yaptıkları su analizi sonucunda Hg miktarını 0,0068±0,0038 µg/L olarak bulmuştur. Erşahin ve diğ. (2018) Çankırı şehir merkezindeki ana yol boyunca toprak örneklerinden yaptıkları analiz sonucunda Hg ortalamasını 0,01 mg/kg (min.=0,001, maks.=0,04) olarak bulunmuştur. Hançerlioğulları ve Eyüboğlu (2022) Çankırı ilinde kaya tuzunda yaptıkları ağır metal ölçümünde Hg seviyesi ölçüm değerlerinin altında bulunmuştur. Çankırı'da daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen ortalama Hg seviyesi bizim çalışmamızdan oldukça düşük bulunmuştur. Fakat bizim çalışmamızda özellikle daha önce belirtilen 17, 19 ve 20 numaralı istasyonlarda Hg seviyesinin yüksek çıkması ortalamaya etki erken diğer değerlerimiz yasal sınırın altında bulunmuştur. Ferber ve diğ. (2019) *Lumbricus terrestris* ve *Aporrectodea nocturna* türlerinde yaptıkları Hg

denemelerinde topraktaki Hg miktarının 0,19-38 mg/kg kadar yaşam oranının %100, 83 mg/kg kadar ise %70 olduğunu bulmuşlardır. Yine aynı çalışmada solucanların vücut ağırlığının 25 mg/kg Hg kadar arttığı, 38 mg/kg Hg kadar ağırlıklarının asbit kaldığı ve 83 mg/kg Hg ise ortalama ağırlığın 2,77 g'dan 1,75 g'a düştüğü görülmüştür. Bizim çalışmamızda elde edilen değerlerin Ferber ve diğerleri (2019) çok altında olduğu için solucanların yaşamlarını etkilemediği düşünülmektedir. Ekperusi ve diğ. (2016) topraktaki Hg ortalamasının 1,08 olduğunu ve *Hyperiodrilus africanus* türü toprak solucanlarının kullanımından sonra topraktaki Hg miktarının %57,41 azaldığını BAF değerinin Hg için 1,35 olduğunu belirtmiştir. Bizim çalışmamızda merkez Hg için BAF ortalaması 0,08 iken Eldivan'da ise Hg için BAF ortalaması 1,11 bulunmuştur. Eldivan'da Hg için BAF ortalaması Ekperusi ve diğ. (2016) ile uyumlu bulunurken merkez örneklerinde sadece bir solucan örneğinde Hg değeri bulunması nedeniyle ortalama değer düşük çıkarken bu örneğe ait BAF değeri ise 0,56 olarak bulunmuştur.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışma sonucunda bütün ölçülen toprak değerlerinde merkez örnekleri Eldivan örneklerinden daha yüksek belirlenirken sadece Pb istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P \leq 0,05$). Pb örneklerinin özellikle tarım alanlarının daha fazla olduğu Eldivan'da yüksek çıkması bu alanlarda pestisit ve fungusitlerin kullanımı kaynaklı olduğunu gösterirken bu kimyasalların daha dikkatli bir şekilde kullanılması gerektiğini düşünüyoruz.

Örneklere tek tek baktığımızda ise Eldivan'da yola yakın olarak yer alan bir noktada Cd seviyesi ve merkezde ise 3 noktada (bir metal işleyen fabrika yakını ve iki tarımsal alan) Hg seviyesi yasal mevzuatlarla belirlenen sınırların üzerinde bulunmuştur. Cd seviyesi yol kenarında yüksek çıkması özellikle trafik sonucu açığa çıkan emisyon gazlarından kaynaklandığını düşündürmektedir. Hg ise yine tarımsal alanlarda pestisit ve fungusitler ile metal fabrikasında fosil yakıt yanma gazlarından kaynaklandığını düşündürmektedir. Bu neden pestisitler ve fungusitlerin kullanımına dikkat edilmeli ve aşırı kullanımından kaçınılmalıdır. Fabrikalarda ise daha kaliteli ve özellikli arıtma işlemlerinin yapılması Hg kontaminasyonunu azaltacaktır.

Toprak solucanlarının çalışılan 5 farklı ağır metal örneklerini değişik oranlarda biyoakümülyasyon ile vücut içine almış olmaları toprak solucanların kirlenmiş topraklarda biyoremediasyon için kullanılabileceğini göstermektedir.

Genel olarak bakıldığında merkez ve Eldivan örneklerinde çalışılan ağır metallerin seviye düşük bulunmuş ve bu durum Çankırı'da ağır sanayinin az olması, trafik yoğunluğunun düşük olması ve tarımsal faaliyetlerin sınırlı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adipah, S.** (2019). Introduction of petroleum hydrocarbons contaminants and its human effects. *Journal of Environmental Science and Public Health*, 3(1), 1-9. doi: 10.26502/jesph.96120043.
- Ahmed, F. ve Fakhruddin, A. N. M.** (2018). A review on environmental contamination of petroleum hydrocarbons and its biodegradation. *Int J Environ Sci Nat Res*, 11(3), 63-69. doi: 10.19080/IJESNR.2018.11.555811.
- Aktop, Y. ve Çağatay, İ. T.** (2020). Ağır metallerin balıklarda birikimi ve etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(1), 37-44.
- Alleva, E., Francia, N., Pandolfi, M., De Marinis, A. M., Chiarotti, F. ve Santucci, D.** (2006). Organochlorine and heavy-metal contaminants in wild mammals and birds of urbino-pesaro province, Italy: An analytic overview for potential bioindicators. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 51, 123-134.
- Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F. ve Bingöl, Z.** (2009). Türkiye’de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak.Derg.*, 40(2), 87-92.
- Arao, T., Ishikawa, S., Murakami, M., Abe, K., Maejima, Y. ve Makino, T.** (2010). Heavy metal contamination of agricultural soil and countermeasures in Japan. *Paddy Water Environ*, 8, 247-257. doi: 10.1007/s10333-010-0205-7.
- Ashish, B., Neeti, K. ve Himanshu, K.** (2013). Copper toxicity: A comprehensive study. *Research Journal of Recent Sciences*, 2, 58-67.
- Atav, V.** (2018). *Farklı pH derecelerine sahip topraklarda çöp kompostunun bazı toprak özellikleri ile bitki ve toprakta ağır metal içeriğine etkisi* (Yüksek lisans tezi). Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- Ay, İ.** (2019). Ağır metal şelasyonunda fitoremediasyon tekniği ve uygulamada etkili makrofitler. *Mediterranean Fisheries and Aquaculture Research*, 2(3), 77-82.
- Azubuike, C. C., Chikere, C. B. ve Okpokwasili, G. C.** (2016). Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. *World J Microbiol Biotechnol*, 32, 180. doi: 10.1007/s11274-016-2137-x.
- Bernhoft, R. A.** (2012). Mercury toxicity and treatment: A review of the literature. *Journal of Environmental and Public Health*, 2012, 460508. doi: 10.1155/2012/460508.
- Boğa, A.** (2007). Ağır metallerin özellikleri ve etki yolları. *Arşiv*, 16, 218-234.
- Bradham, K., Dayton, E. A., Basta, N. T., Schroder, J., Payton, M. ve Lanno, R. P.** (2006). Effect of soil properties on lead bioavailability and toxicity to earthworms. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25(3), 769-775.

- Carvalho, F. P.** (2017). Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 6(2), 48-60. doi: 10.1002/fes3.108.
- Caylak, E. ve Tokar, M.** (2012) Metallic and microbial contaminants in drinking water of Cankiri, Turkey. *E-Journal of Chemistry*, 9(2), 608-614.
- Clark, J. H., Hunt, A., Topi, C., Paggiola, G., Sherwood, J. (Ed.).** (2017). Sustainable solvents: perspective from research, business and international policy. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Dai, J., Becquer, T., Rouiller, J. H., Reversat, G., Bernhard-Reversat, F., Nahmani, J. ve Lavelle, P.** (2004). Heavy metal accumulation by two earthworm species and its relationship to total and DTPA-extractable metals in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 36, 91-98. doi: 10.1016/j.soilbio.2003.09.001.
- Davison, P.** (1996). Introduction to solvents. In: Whim, B.P., Johnson, P.G. (eds) Directory of solvents. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1549-7_1.
- Delang, C. O.** (2017). Causes and distribution of soil pollution in China. *Environ. Socio.-econ. Stud.*, 5(4), 1-17. doi: 10.1515/environ-2017-0016.
- Duffus, J. H.** (2002). "Heavy metals"-a meaningless term? *Pure Appl.Chem.*, 74(5), 793-807.
- Ekperusi, O. A., Aigbodion, I. F., Iloba, B. N. ve Okorefe, S. K.** (2016). Assessment and bioremediation of heavy metals from crude oil contaminated soil by earthworms. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management*, 9, 1036-1046. doi: 10.4314/ejesm.v9i2.9S.
- Elena-Roxana, A.** (2011). An approach to bioremediation. *Journal of Engineering Studies and Research*, 17(4), 7-12.
- Elyamine, A. M., Afzal, J., Rana, M. S., Imran, M., Cai, M. ve Hu, C.** (2018). Phenanthrene mitigates cadmium toxicity in earthworms *Eisenia fetida* (Epigeic Specie) and *Aporrectodea caliginosa* (Endogeic specie) in soil. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 15, 2384. doi: 10.3390/ijerph15112384.
- Erdoğan, C.** (2020). *Eisenia fetida* türü toprak solucanlarının kimyasal gübre kullanılmış topraklar üzerine etkisi (Yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kocaeli.
- Erşahin, S., Karahan, G., Gül, E., Sünal, S., Dikme,n Ü. ve Bilgili, B. C.** (2018). Spatial distribution of some toxic elements in some urban soils of Çankırı, Turkey. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 133-143.
- Eyüboğlu, K.** (2019). *Çankırı ilinde bulunan tuz ocaklarından toplanan kaya tuzu örneklerinin radyonüklit ve ağır metal içeriklerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kastamonu.
- Ferber, T., Slaveykova, V. I., Sauzet, O. ve Boivin, P.** (2019). Upward mercury transfer by anecic earthworms in a contaminated soil. *European Journal of Soil Biology*, 91, 32-37. doi: 10.1016/j.ejsobi.2019.02.001.
- Fernandez, M. D., Obrador, A. ve Garcia-Gomez, C.** (2021). Zn concentration decline and apical endpoints recovery of earthworms (*E. andrei*) after removal from an acidic soil spiked with coated ZnO nanoparticles. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 211, 111916.
- Flemming, C. A. ve Trevors, J. T.** (1989). Copper toxicity and chemistry in the environment: a review. *Water, Air, and Soil Pollution*, 44, 143-158.

- Friis, K., Damgaard, C. ve Holmstrup, M.** (2004). Sublethal soil copper concentrations increase mortality in the earthworm *Aporrectodea caliginosa* during drought. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57, 65-73. doi: 10.1016/j.ecoenv.2003.08.004.
- Ghannem, S., Daouadi, S. ve Touaylia, S.** (2023). Effect of Heavy Metal Pollution on Invertebrates. Almayyahi, B. A. (Yay. Haz.). Heavy Metals-Recent Advance. IntechOpen.
- Gidiş, M. ve Mercan, D.** (2017). Some genotoxicological and ecotoxicological studies on amphibians. *The Turkish Journal of Occupational / Environmental Medicine and Safety*, 2(1), 275-279.
- Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A. ve Groneberg, D. A.** (2006). The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 2006(1), 22. doi: 10.1186/1745-6673-1-22.
- Haimi, J.** (2000). Decomposer animals and bioremediation of soils. *Environmental Pollution* 107, 233-238.
- Hambidge, M.** (2000). Human zinc deficiency. *The Journal of Nutrition*, 130, 1344-1349. doi: 10.1093/jn/130.5.1344S.
- Hançerlioğulları, A. ve Eyüboğlu, K.** (2022). Natural radionuclide and toxic metal contents of rock salts from mines in Central Anatolia of Turkey. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 102(18), 6555-6564, doi: 10.1080/03067319.2020.1814264.
- Hocaoglu-Özyiğit, A. ve Genç, B. N.** (2020). Cadmium in plants, humans and the environment. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*, 1(1), 12-21.
- Hutton, M.** (1983). Sources of cadmium in the environment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 7(1), 9-24.
- Ikeda, M.** (1992). Public health problems of organic solvents. *Toxicology Letters*, 64-65, 191-201.
- İzol, E. ve İnik, O.** (2022). Topraktaki ağır metallerin güncel analiz yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 36, 116-120. doi: 10.31590/ejosat.1111496.
- Kara, E. E. ve Kara, E.** (2018). Toprakta ağır metal kirliliğinin insan sağlığına etkileri ve çözüm önerileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 11 (1), 56-62.
- Karaca, A. ve Turgay, O. C.** (2012). Toprak kirliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), 13-19.
- Kızılkaya, R.** (2004). Cu and Zn accumulation in earthworm *L. terrestris* L. in sewage sludge amended soil and fractions of Cu and Zn in casts and surrounding soil. *Ecological Engineering*, 22, 141-151.
- Kubier, A., Wilkin, R. T. ve Pichler, T.** (2019). Cadmium in soils and groundwater: A review. *Appl Geochem.*, 108, 1-16. doi:10.1016/j.apgeochem.2019.104388.
- Kumar, S., Sharma, V., Bhoyar, R. V., Bhattacharya, J. K. ve Chakrabarti, T.** (2008). Effect of heavy metals on earthworm activities during vermicompositing of municipal solid waste. *Water Environ Res.*, 80, 154-161.
- Li, F., Qiu, Z. Z., Zhang, J. D., Liu, W., Liu, C. ve Zeng, G.** (2017). Investigation, pollution mapping and simulative leakage health risk assessment for heavy metals and metalloids in groundwater from a typical brownfield, middle

- China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(7), 768. doi: 10.3390/ijerph14070768.
- Li, X., Zhang, J., Gong, Y., Liu, Q., Yang, S., Ma, J., Zhao, L. ve Hou, H.** (2020). Status of copper accumulation in agricultural soils across China (1985-2016). *Chemosphere*, 244, 125516. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125516.
- Liu, Q. P.** (2014). Distribution of fertilizer application and its environmental risk in different provinces of China. *Scientia Agricultura Sinica*, 47(18), 3596-3605. doi: 10.3864/j.issn.0578-1752.2014.18.008.
- Marcus, Y. (Ed.).** (1998). The properties of solvents. Chichester: Wiley.
- Martin, S. ve Griswold, W.** (2009). Human health effects of heavy metals. *Environmental Science and Technology Briefs for Citizens*, 15, 1-6.
- Mireles, F., Davila, J. I., Pinedo, J. L., Reyes, E., Speakman, R. J. ve Glascock, M. D.** (2012). Assessing urban soil pollution in the cities of Zacatecas and Guadalupe, Mexico by instrumental neutron activation analysis. *Microchemical Journal*, 103, 158-164. doi: 10.1016/j.microc.2012.02.009.
- Mishra, R. K., Mohammad, N. ve Roychoudhury, N.** (2016). Soil pollution: Causes, effects and control. *Tropical Forest Research Institute*, 3(1), 1-14.
- Mutlu, E. ve Uncumusaoğlu, A. A.** (2017). Investigation of the water quality of Alpsarı pond (Korgun, Çankırı). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17, 1231-1243.
- Noulas, C., Tziouvakas, M. ve Karyotis, T.** (2018). Zinc in soils, water and food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 49, 252-260. doi: 10.1016/j.jtemb.2018.02.009.
- Obasi, P. N. ve Akudinobi, B. B.** (2020). Potential health risk and levels of heavy metals in water resources of lead-zinc mining communities of Abakaliki, southeast Nigeria. *Applied Water Science*, 10, 184. doi: 10.1007/s13201-020-01233-z.
- Olufemi, A. C., Mji, A. ve Mukhola, M. S.** (2022). Potential health risks of lead exposure from early life through later life: implications for public health education. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 19, 16006. doi: 10.3390/ijerph192316006.
- Özbolat, G. ve Tuli, A.** (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521. doi: 10.17827/aktd.253562.
- Özçelik, Ş.** (2022). *Eğirdir Gölü'nün suyunda, sedimentinde ve göldeki Phragmites australis (Cav.) Trin. Ex. Steudel ile Typha angustifolia (L.) örneklerindeki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi* (Doktora tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- Özercan, B. ve Taşcı, R.** (2022). Türkiye’de pestisit kullanımının iller, bölgeler ve pestisit grupları açısından incelenmesi. *Ziraat Mühendisliği*, 375, 75-88. doi: 10.33724/zm.1120599.
- Panagos, P., Jiskra, M., Borrelli, P., Liakos, L. ve Ballabio, C.** (2021). Mercury in European topsoils: Anthropogenic sources, stocks and fluxes. *Environmental Research*, 201, 111556. doi: 10.1016/j.envres.2021.111556.
- Parmar, M. ve Thakur, L. S.** (2013). Heavy metal Cu, Ni and Zn: toxicity, health hazards and their removal techniques by low cost adsorbents: a short overview. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 3(3), 143-157.
- Patočka, J. ve Černý, K.** (2013). Inorganic lead toxicology. *Acta Medica*, 46(2), 65-72.

- Person, R. J., Tokar, E. J., Xu, Y., Orihuela, R., Ngalame, N. N. O. ve Waalkes, M. P.** (2013). Chronic cadmium exposure in vitro induces cancer cell characteristics in human lung cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 273(2), 281-288.
- Pratinidhi, S. A., Sagare, A. A. ve Patil, A. J.** (2018). Heavy metal levels in commonly used cosmetic products in Asia. *MIMER Medical Journal*, 2(2), 31-36.
- Rehman, M., Liu, L., Wang, Q., Saleem, M. H., Bashir, S., Ullah, S. ve Peng, D.** (2019). Copper environmental toxicology, recent advances, and future outlook: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 18003-18016. doi: 10.1007/s11356-019-05073-6.
- Ruiz, E., Rodriguez, L. ve Alonso-Azcarate, J.** (2009). Effects of earthworms on metal uptake of heavy metals from polluted minesoils by different crop plants. *Chemosphere*, 75, 3035-1041.
- Sardar, K., Ali, S., Hameed, S., Afzal, S., Fatima, S., Shakoore, M. B., Bharwana, S. A. ve Tauqeer, H. M.** (2013). Heavy metals contamination and what are the impacts on living organisms. *Greener Journal of Environmental Management and Public Safety*, 4, 172-179.
- Savci, S.** (2012a). Investigation of effect of chemical fertilizers on environment. *APCBEE Procedia*, 1, 287-292. doi: 10.1016/j.apcbee.2012.03.047.
- Savci, S.** (2012b). An agricultural pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3, 77-80.
- Seribekkyzy, G., Saimova, R. U., Saidakhmetova, A. K., Saidakhmetova, G. K. ve Esimov, B. K.** (2022). Heavy metal effects on earthworms in different ecosystems. *J Anim Behav Biometeorol*, 10, 2228.
- Seven, T., Can, B., Darende, B. N. ve Ocak, S.** (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Shahmansouri, M. R., Pourmoghadas, H., Parvaresh, A. R. ve Alidadi, H.** (2005). Heavy metals bioaccumulation by Iranian and Australian earthworms (*Eisenia fetida*) in the sewage sludge vermicomposting. *Iranian Journal Environmental Health Science Engineering*, 2(1), 28-32.
- Sharma, H., Rawal, N. ve Mathew, B. B.** (2015). The characteristics, toxicity and effects of cadmium. *International Journal of Nanotechnology and Nanoscience*, 3, 1-9.
- Shaymaa, M., Ahmed, H., Norli, I., Morad, N. ve Mahamad Hakimi, I.** (2010). Removal of aluminium, lead and nickel from industrial sludge via vermicomposting process. *World Applied Sciences Journal*, 10(11), 1296-1305.
- Shirvastava, A. K.** (2009). A review on copper pollution and its removal from water bodies by pollution control technologies. *IJEP*, 29, 552-560.
- Sönmez, İ., Kaplan, M. ve Sönmez, S.** (2008). Kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 25(2), 24-34.
- Tong, S., von Schirnding, Y. E. ve Prapamontol, T.** (2000). Environmental lead exposure: a public health problem of global dimensions. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1068-1077.
- Truskewycz, A., Gundry, T. D., Khudur, L. S., Kolobaric, A., Taha, M., Aburto-Medina, A., Ball, A. S. ve Shahsavari, E.** (2019). Petroleum hydrocarbon contamination in terrestrial ecosystems-fate and microbial responses. *Molecules*, 24, 3400. doi: 10.3390/molecules24183400.

- Turgay, O. C., Kızılkaya, R., Karaca, A. ve Çetin, S.C.** (2011). Detoxification of heavy metals using earthworm. I. Sherameti ve A. Varma (Yay. Haz.). Detoxification of heavy metals (s.407-421). Berlin: Springer-Verlag.
- Uzma, N., Salar, B. M. K. M., Kumar, B. S., Aziz, N., David M. A. ve Reddy, V. D.** (2008). Impact of organic solvents and environmental pollutants on the physiological function in petrol filling workers. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 5(3), 139-146.
- Vural, A., Demir, S. ve Boyno, G.** (2018). Biyoremediasyon ve fungusların biyoremediasyonda kullanılması. *YYÜ Tar Bil Derg*, 28(4), 490-501. doi: 10.29133/yyutbd.418430.
- Vural, H.** (1993). Ağır metal iyonlarının gıdalarda oluşturduğu kirlilikler. *Çevre Dergisi*, 8, 3-8.
- Wang, K., Qiao, Y., Zhang, H., Yue, S., Li, H., Ji, X. Ve Liu, L.** (2018). Bioaccumulation of heavy metals in earthworms from field contaminated soil in a subtropical area of China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 876-883. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.11.058.
- Wani, A. L., Ara, A. ve Usmani, J. A.** (2015). Lead toxicity: a review. *Interdiscip Toxicol*, 8(2), 55-64. doi: 10.1515/intox-2015-0009.
- Wen, B., Hu, X., Liu, Y., Wang, W., Feng, M. ve Shan, X.** (2004). The role of earthworms (*Eisenia fetida*) in influencing bioavailability of heavy metals in soils. *Biol Fertil Soils*, 40, 181-187. doi: 10.1007/s00374-004-0761-3.
- Xu, X., Liu, W., Tian, S., Wang, W., Qi, Q., Jiang, P., Gao, X., Li, F., Li, H., ve Yu, H.** (2018). Petroleum hydrocarbon-degrading bacteria for the remediation of oil pollution under aerobic conditions: a perspective analysis. *Front. Microbiol.*, 9, 2885. doi: 10.3389/fmicb.2018.02885.
- Yavuz, C. I.** (2020). Çevresel cıva maruz kalımı ve sağlık etkileri. *Turk J Public Health*, 18(2), 204-217. doi: 10.20518/tjph.554605.
- Yavuz, O. ve Sarıgül, N.** (2016). Toprak ve sucul ortamlardaki ağır metal kirliliği ve ağır metal dirençli mikroorganizmalar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 44-51.
- Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü. ve Tüfenkçi, Ş.** (2020). Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9, 103-114. doi: 10.46810/tdfd.718449.
- Zhang, F., Yan, X., Zeng, C., Zhang, M., Shrestha, S., Devkota, L. P. ve Yao, T.** (2012). Influence of traffic activity on heavy metal concentrations of roadside farmland soil in mountainous areas. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 9, 1715-1731. doi: 10.3390/ijerph9051715.
- Zhang, W. J., Jiang, F. B. ve Ou, J. F.** (2011). Global pesticide consumption and pollution: with China as a focus. *Proc. Int. Acad. Ecology Environ. Sci.*, 1(2), 125-144.
- Zwolak, A., Sarzynska, M., Szpyrka, E. ve Stawarczyk, K.** (2019). Sources of soil pollution by heavy metals and their accumulation in vegetables: a review. *Water Air Soil Pollut*, 230, 164. doi: 10.1007/s11270-019-4221-y.

EKLER

EK 1. Örnekler ait ICP-OES ölçüm ham verileri

Örnek No	Örnek Tipi	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Hg (mg/kg)
1	Toprak	1,98	1,86	93,42	37,44	0,24
	Solucan	0,54	0,72	17,76	6,00	1,86
2	Toprak	1,80	0,78	31,26	19,38	0
	Solucan	0,17	0,60	42,17	3,51	0,94
3	Toprak	2,52	5,22	76,80	39,12	0,48
	Solucan	1,08	1,62	39,72	8,64	0
4	Toprak	2,46	1,98	45,00	34,80	0,60
	Solucan	0,42	1,14	29,94	6,18	0
5	Toprak	2,76	1,32	48,60	31,02	0,24
	Solucan	0,24	0,90	86,22	3,24	0
6	Toprak	1,80	1,74	30,84	25,08	0
	Solucan	0,12	0,84	71,22	2,46	0
7	Toprak	1,50	2,70	33,78	22,38	0
	Solucan	0,51	2,57	21,00	8,23	0,26
8	Toprak	2,76	0,12	41,76	52,32	0,90
	Solucan	0,72	0,90	79,20	12,54	0
9	Toprak	2,94	0	39,66	48,24	0,48
	Solucan	0,66	1,02	13,32	9,24	0
10	Toprak	3,36	1,50	27,30	13,68	0,60
	Solucan	0,60	0,96	17,04	2,76	0
11	Toprak	2,46	2,22	58,20	33,72	0,36
	Solucan	0,80	1,80	58,70	9,50	0,20
12	Toprak	2,64	1,86	31,44	26,46	0,18
	Solucan	0,24	1,44	11,88	3,12	0

13	Toprak	2,22	3,78	65,16	62,76	0,24
	Solucan	0,30	1,60	168,20	12,10	0
14	Toprak	2,94	2,46	35,70	46,50	0
	Solucan	0,90	1,92	35,04	11,64	0
15	Toprak	1,92	3,78	70,92	32,22	0
	Solucan	0,42	0,84	12,42	3,06	0
16	Toprak	2,58	2,82	40,32	21,72	0,42
	Solucan	0,60	1,26	12,48	5,82	0
17	Toprak	2,52	6,60	91,26	41,04	2,82
	Solucan	0,84	3,00	52,32	11,76	0
18	Toprak	3,00	5,40	88,08	41,46	0
	Solucan	0,60	0,93	13,73	2,93	0
19	Toprak	2,70	4,32	65,94	35,64	3,36
	Solucan	0,54	1,32	43,02	6,60	0
20	Toprak	2,58	3,54	73,38	33,96	3,24
	Solucan	1,62	1,14	19,80	9,18	0

EK 2. ÖZGEÇMİŞ

Adı – Soyadı : Fatma Gülay BOZKURT

